

**LAPORAN PENELITIAN  
DOSEN MUDA**



***Watermarking Video Digital menggunakan Discrete Wavelet  
Transform (DWT) berbasis Human Visual System (HVS)***

Oleh:

B. Yudi Dwiandiyanta, S.T., M.T.

DIBIYAI DIPA

NOMOR : 0103/023-04.2/XIV/2010

DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
2010

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**LAPORAN PENELITIAN DOSEN MUDA**

---

1. Judul Penelitian : *Watermarking* Video Digital menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) berbasis *Human Visual System* (HVS)
2. Bidang Penelitian : Rekayasa
3. Ketua Peneliti
  - a. Nama Lengkap : B. Yudi Dwiandiyanta, S.T., M.T.
  - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
  - c. NPP : 11.99.668
  - d. Disiplin Ilmu : Teknik Informatika
  - e. Pangkat/Golongan : IIIb
  - f. Jabatan : Lektor
  - g. Fakultas/Jurusan : Fakultas Teknologi Industri  
Teknik Informatika
  - h. Alamat : Jl. Babarsari 43 Yogyakarta 55281
  - i. Telpon/Faks/Email : Telp 0274-487711  
Fax 0274-485223  
Email: yudi-dwi@mail.uajy.ac.id
  - j. Alamat Rumah : Sanggrahan GP III RT 07 RW 09 No 194  
Banyuraden Gamping Sleman Yogyakarta  
55293
  - k. Telpon/Faks/Email : Telpon 0274-617278
4. Jumlah Anggota Peneliti : - orang
5. Lokasi Penelitian : Laboratorium Komputasi FTI UAJY

Yogyakarta, 1 Desember 2010

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknologi Industri

Ketua Peneliti

Ir. B. Kristyanto, M.Eng, Ph.D

B. Yudi Dwiandiyanta, S.T, M.T.

Menyetujui  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Dr. M.F. Shellyana Junaedi, S.E., M.Si.

## INTISARI

*Watermarking* merupakan salah satu metode proteksi hak cipta yang bertujuan untuk menanggulangi penyebaran karya seseorang secara ilegal. Pada dasarnya, *watermarking* adalah proses penandaan suatu isyarat dengan pesan hak cipta atau *signature* yang secara rahasia disisipkan dalam isyarat namun tidak terlihat perbedaan antara isyarat asli dengan isyarat yang telah ditandai.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan algoritma *watermarking* yang dilakukan pada kawasan *wavelet* atau *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Sebagai obyek penelitian digunakan frame video sebagai *host*, sedangkan sebagai citra *watermark* digunakan citra biner dengan ukuran 1/16 video *host*. Proses *embedding* dilakukan berdasarkan *Human Visual System* (HVS), sehingga diharapkan diperoleh *watermark* yang tidak kelihatan (*invisible watermark*). Proses *embedding* dilakukan dengan algoritma aditif. Pada alihragam yang dikembangkan, *watermark* disisipkan pada komponen frekuensi tinggi frame video. *Wavelet* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *wavelet db4*.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap algoritma *watermarking*, menunjukkan bahwa algoritma *watermarking* yang dikembangkan secara umum tahan terhadap pemberian derau, operasi geometris citra dan operasi-operasi pengolahan citra. Algoritma *watermarking* yang dikembangkan kurang dapat bertahan terhadap serangan-serangan tapis lolos-bawah dan tapis median. Algoritma *watermarking* yang dikembangkan mempunyai unjuk kerja yang sangat baik terhadap serangan tapis lolos-atas.

**Keyword:** *watermarking* video, alihragam *wavelet*, *Discrete Wavelet Transform* (DWT), *Human Visual System* (HVS)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Yang Kudus, atas berkat dan kasih sayang-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul "*Watermarking Video Digital menggunakan Discrete Wavelet Transform (DWT) berbasis Human Visual System (HVS)*" yang telah didanai dengan dana Penelitian Dosen Muda 2010.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. M.F. Shellyana Junaedi, S.E., M.Si. selaku Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Ir. B. Kristyanto, M.Eng., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Prof Suyoto, M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta
4. Patricia Ardanari, S.Si., M.T., selaku Kepala Laboratorium Komputasi Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. Rekan-rekan di Fakultas Teknologi Industri UAJY yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Tak lupa penulis mohon masukan yang bersifat korektif agar tulisan ini dapat menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, Desember 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
INTISARI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Teknik <i>Watermarking</i>	6
2.2. <i>Watermarking</i> pada Warna Komponen	8
2.3. <i>Embedding</i> dengan algoritma Aditif	9
2.4. Karakteristik <i>Watermarking</i>	9
2.5. <i>Human Visual System</i> (HVS)	12
2.6. Video Digital	14
2.7. Format AVI	17
2.8. Alihragam Wavelet	18
BAB III MASALAH, TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
3.1. Perumusan Masalah	21
3.2. Tujuan Penelitian	21
3.3. Manfaat Penelitian	21
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1. Pengumpulan Bahan	23
4.2. Analisis dan Perancangan Perangkat Lunak	23
4.3. Pembuatan Perangkat Lunak	23

4.4. Pengujian Perangkat Lunak	24
--------------------------------	----

## BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Pengantar	27
5.2. Deskripsi Keseluruhan	27
5.3. Kebutuhan Khusus	29
5.4. Kebutuhan Fungsionalitas	30
5.5. Hasil dan Pembahasan	33
5.6. Embedding Watermark menggunakan Alihragam DWT	34
5.7. Pengaruh Perubahan <i>Embedding Strength</i>	35
5.8. Pengujian terhadap frame video yang lain	42
5.9. Pengujian terhadap responden	43
5.10 Pengujian kinerja algoritma	44

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	66

DAFTAR PUSTAKA	67
----------------	----

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Nama</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1	Istilah dalam Proses <i>Watermarking</i>	6
Tabel 5.1	Hubungan antara <i>embedding strength</i> $\alpha_2$ dengan MSE dan PSNR <i>Blue</i>	36
Tabel 5.2	Hubungan antara <i>embedding strength</i> $\alpha_3$ dengan MSE dan PSNR <i>Blue</i>	38
Tabel 5.3	Hubungan antara <i>embedding strength</i> $\alpha_4$ dengan MSE dan PSNR <i>Blue</i>	41
Tabel 5.4	Pengujian dengan video yang lain	42
Tabel 5.5	Hubungan antara <i>noise density</i> dengan MSE, PSNR dan korelasi <i>watermark</i>	45
Tabel 5.6	Hubungan antara varians derau dengan MSE, PSNR dan korelasi <i>watermark</i>	47
Tabel 5.7	Hubungan antara pemotongan citra dengan MSE, PSNR dan korelasi <i>watermark</i>	50
Tabel 5.8	Hubungan antara penyekalaan citra dengan korelasi <i>watermark</i>	52
Tabel 5.9	Hubungan antara ukuran jendela tapis median dengan MSE, PSNR dan korelasi <i>watermark</i>	54
Tabel 5.10	Hubungan antara matriks tapis lolos-atas dengan MSE, PSNR dan korelasi <i>watermark</i>	56
Tabel 5.11	Hubungan antara ukuran jendela tapis <i>mean</i> dengan MSE, PSNR dan korelasi <i>watermark</i>	58
Tabel 5.12	Hubungan antara perubahan <i>brightness</i> dengan MSE, PSNR dan korelasi <i>watermark</i>	62
Tabel 5.13	Hubungan antara MSE, PSNR dan korelasi <i>watermark</i> pada citra <i>stego</i> yang direntangkan kontrasnya menggunakan penyamaan histogram	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Nama	Halaman
Gambar 2.1	Dua kotak dengan luminans yang sama namun berbeda latar-belakang	13
Gambar 2.2	Efek <i>Mach band</i>	14
Gambar 2.3	Runtunan frame	15
Gambar 2.4	Contoh Dekomposisi Citra	19
Gambar 2.5	Beberapa anggota keluarga <i>wavelet</i> Daubechies	20
Gambar 4.1	(a) Diagram alir proses <i>embedding</i> , (b) diagram alir proses ekstraksi	24
Gambar 5.1	Proses pada sistem <i>standalone</i>	27
Gambar 5.2	DFD Level 0	30
Gambar 5.3	DFD Level 1	31
Gambar 5.4	Perancangan Arsitektural Modul	32
Gambar 5.5	<i>Group of Frame</i> berkas video <i>motor.avi</i>	33
Gambar 5.6	<i>Group of Frame</i> berkas video <i>misa.avi</i>	33
Gambar 5.7	Citra <i>watermark</i>	34
Gambar 5.8	(a) Frame ke-1 video <i>host</i> , (b) frame ke-1 video <i>stego</i> , (c) hasil ekstraksi atas (b)	35
Gambar 5.9	Frame ke-1 <i>stego</i> yang diperoleh berdasarkan proses <i>embedding</i> pada kanal biru dengan <i>embedding strength</i> $\alpha_2$ (a) 0,3, (b) 0,6, (c) 0,9, (d) 1,2	36
Gambar 5.10	Grafik pengaruh faktor <i>embedding strength</i> $\alpha_2$ terhadap (a) MSE <i>Blue</i> , (b) PSNR <i>Blue</i>	37
Gambar 5.11	Frame ke-1 <i>stego</i> yang diperoleh berdasarkan proses <i>embedding</i> pada kanal biru dengan <i>embedding strength</i> $\alpha_3$ (a) 0,3, (b) 0,6, (c) 0,9, (d) 1,2	38
Gambar 5.12	Grafik pengaruh faktor <i>embedding strength</i> $\alpha_3$ terhadap (a) MSE <i>Blue</i> , (b) PSNR <i>Blue</i>	39
Gambar 5.13	Frame ke-1 <i>stego</i> yang diperoleh berdasarkan proses <i>embedding</i> pada kanal biru dengan <i>embedding strength</i> $\alpha_4$ (a) 0,3, (b) 0,6, (c) 0,9, (d) 1,2	40
Gambar 5.14	Grafik pengaruh faktor <i>embedding strength</i> $\alpha_4$ terhadap (a) MSE <i>Blue</i> , (b) PSNR <i>Blue</i>	41
Gambar 5.15	(a) Citra <i>stego</i> dengan parameter $\alpha_2=1$ , $\alpha_3=0,6$ diberi derau <i>salt and pepper</i> dengan densitas 0,01, (b) hasil ekstraksi atas citra (a)	45
Gambar 5.16	Grafik pengaruh derau <i>salt and pepper</i> terhadap (a) MSE, (b) PSNR, (c) korelasi <i>watermark</i>	46
Gambar 5.17	(a) Citra <i>stego</i> dengan parameter $\alpha_2=1$ , $\alpha_3=0,6$ diberi derau Gaussian dengan varians derau 0,0005, (b) hasil ekstraksi atas citra (a)	47
Gambar 5.18	Grafik pengaruh derau Gaussian terhadap (a) MSE, (b) PSNR, (c) korelasi <i>watermark</i>	48
Gambar 5.19	(a) Citra <i>stego</i> dengan parameter $\alpha_2=1$ , $\alpha_3=0,6$ dipotong sebesar 25%, (b) hasil ekstraksi atas citra (a)	49



Gambar 5.20	Grafik pengaruh pemotongan citra terhadap (a) MSE, (b) PSNR, (c) korelasi <i>watermark</i>	50
Gambar 5.21	(a) Citra <i>stego</i> dengan parameter $\alpha_2=1$ , $\alpha_3=0,6$ dan ukuran 256x256 (b) hasil ekstraksi atas citra (a)	51
Gambar 5.22	Grafik pengaruh penyekalaan citra terhadap korelasi <i>watermark</i>	52
Gambar 5.23	(a) Citra <i>stego</i> dengan parameter $\alpha_2=1$ , $\alpha_3=0,6$ ditapis menggunakan tapis median dengan jendela 3x3, (b) hasil ekstraksi atas citra (a)	53
Gambar 5.24	Grafik pengaruh tapis median terhadap (a) MSE, (b) PSNR, (c) korelasi <i>watermark</i>	54
Gambar 5.25	(a) Citra <i>stego</i> dengan parameter $\alpha_2=1$ , $\alpha_3=0,6$ ditapis menggunakan tapis lolos-atas matriks $H_3$ , (b) hasil ekstraksi atas citra (a)	56
Gambar 5.26	(a) Citra <i>stego</i> dengan parameter $\alpha_2=1$ , $\alpha_3=0,6$ ditapis menggunakan tapis <i>mean</i> dengan jendela 3x3, (b) hasil ekstraksi atas citra (a)	57
Gambar 5.27	Grafik pengaruh tapis <i>mean</i> terhadap (a) MSE, (b) PSNR, (c) korelasi <i>watermark</i>	59
Gambar 5.28	(a) Citra <i>stego</i> dengan parameter $\alpha_2=1$ , $\alpha_3=0,6$ ditambahkan nilai <i>brightness</i> sebesar +50, (b) hasil ekstraksi atas citra (a)	60
Gambar 5.29	(a) Citra <i>stego</i> dengan parameter $\alpha_2=1$ , $\alpha_3=0,6$ ditambahkan nilai <i>brightness</i> sebesar -10, (b) hasil ekstraksi atas citra (a)	61
Gambar 5.30	Histogram citra kupu.bmp pada kanal biru	62
Gambar 5.31	Grafik pengaruh perubahan <i>brightness</i> terhadap (a) MSE, (b) PSNR, (c) korelasi <i>watermark</i>	63
Gambar 5.32	(a) Citra <i>stego</i> dengan parameter $\alpha_2=1$ , $\alpha_3=0,6$ direntangkan kontrasnya menggunakan <i>histogram equalization</i> , (b) hasil ekstraksi atas citra (a)	64
Gambar 5.33	Histogram citra <i>stego</i> kanal biru dengan parameter $\alpha_2=1$ , $\alpha_3=0,6$ yang direntangkan kontrasnya menggunakan penyamaan histogram	64

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Dengan perkembangan multimedia dan Internet, distribusi dan transmisi digital menjadi lebih mudah. Perkembangan sistem multimedia ditandai dengan pengontrolan terpadu menggunakan komputer dalam manipulasi, presentasi, penyimpanan dan komunikasi informasi digital. Perkembangan tersebut membawa keuntungan, dan pada saat yang bersamaan memberikan peluang untuk melakukan pengkopian dan penyebaran media digital secara ilegal.

Dewasa ini teknologi video merupakan salah satu teknologi yang sangat penting dalam komunikasi multimedia, dimana video menyajikan informasi yang melengkapi informasi media lainnya seperti teks, citra dan suara. Pemanfaatan teknologi video telah menyentuh berbagai aplikasi dalam bidang kehidupan seperti pendidikan, kesehatan, bisnis, hiburan, informasi dan sebagainya. Sistem komunikasi digital dan representasi digital seperti film, televisi, citra dan suara, semuanya dalam bentuk sinyal digital karena mudah dalam menyimpan dan mengirimkannya melalui jaringan komunikasi.

Untuk melakukan proteksi terhadap penyebaran informasi, publikasi elektronik, dan multimedia melalui Internet, maka diperlukan suatu teknik yang dapat digunakan untuk melakukan proteksi terhadap hak cipta. *Watermarking* merupakan salah satu metode proteksi hak cipta yang bertujuan untuk menanggulangi penyebaran karya seseorang secara ilegal. *Watermarking* adalah proses penandaan yang dapat dilakukan pada suatu media digital dengan pesan hak cipta atau *signature* yang secara rahasia disisipkan dalam media namun tidak terlihat perbedaan antara media asli dengan media yang telah ditandai. Berdasarkan media yang digunakan, *watermarking* dapat diterapkan pada citra digital, video digital, berkas suara, dll. Sedangkan pesan hak cipta yang disisipkan dapat berupa nomor register (seperti UPC: *Universal Producer Number*) yang sering dijumpai dalam CD, pesan teks, gambar atau logo perusahaan, citra tanda tangan atau sidik jari seseorang ataupun citra foto seseorang.

Alihragam *wavelet* diskret, yang sering disebut dengan *Discrete Wavelet Transform* (DWT), merupakan salah satu jenis alihragam yang sering digunakan dalam pengolahan isyarat. *Wavelet* mampu bekerja secara multiresolusi dan mampu memisahkan karakteristik frekuensi dengan baik. Dalam penelitian ini, alihragam *wavelet* digunakan untuk mengubah video dari kawasan spasial ke kawasan frekuensi. Data *watermark* kemudian akan disisipkan di bagian frekuensi menengah frame citra (Dwiandiyanta, 2008), untuk menjamin bahwa citra *watermark* yang disisipkan akan tahan terhadap gangguan yang terjadi pada video yang telah disisipi *watermark*. Proses penyisipan *watermark* dapat dilakukan berdasarkan *Human Visual System* (HVS), sehingga menjamin bahwa mata manusia tidak dapat membedakan perbedaan yang terjadi antara file video yang telah disisipi dengan file video yang belum disisipi *watermark*.

Teknik *watermarking* yang berkembang saat ini mempunyai kelemahan terutama dalam hal ketahanan terhadap serangan operasi pengolahan video. Penulis akan mengembangkan teknik *watermarking* yang dapat digunakan untuk memberikan kemanan terhadap penyebaran video digital. Diharapkan dengan menggunakan alihragam *wavelet*, maka teknik *watermarking* yang dikembangkan dapat lebih kebal terhadap serangan operasi pengolahan video digital. Dengan memperhatikan prinsip-prinsip *Human Visual System*, diharapkan akan dikembangkan algoritma *watermarking* yang mempunyai kualitas visual yang baik.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Istilah steganografi atau menyembunyikan informasi sejarahnya telah dimulai sejak jaman Yunani kuno ketika seorang raja hendak mengirimkan pesan rahasia yang harus melewati daerah musuh. Raja tersebut memanggil budak kepercayaan untuk kemudian mentato pesannya diatas kulit kepala. Begitu rambut budak tersebut tumbuh, budak tersebut kemudian dikirim hingga ke tujuannya. Teknik demikian terus berkembang hingga pada abad ke-20, ketika tentara Jerman menyembunyikan informasi dengan cara menulis pesan dengan tinta yang tidak bisa dilihat. Begitu sampai di tujuan, pesan tersebut diolah sedemikian rupa hingga tulisannya muncul.

Saat ini, seiring dengan kemajuan komputer, teknik steganografi berkembang ke arah bentuk menempelkan logo dalam informasi yang dapat dilihat (*watermarking* tampak), atau logo yang tidak dapat dilihat (*watermarking* tidak tampak) yang disimpan dalam citra digital. Akhirnya *watermarking* pun dapat digunakan sebagai bukti kepemilikan dalam persidangan (Langelaar, 2000).

Berdasarkan lokasi penyisipan *watermark*, *watermarking* video dibagi menjadi beberapa tipe. Secara klasik, pendekatan *watermarking* video adalah dengan melakukan dekomposisi video, menggunakan *spatial domain* (Mobasseri, BGA, 2000) atau domain transform, seperti *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Discrete Fourier Transform* (DFT), dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Setelah dilakukan penyisipan *watermark* kemudian dilakukan kompresi data.

Keunggulan penggunaan *watermarking* pada *spatial domain* adalah beban komputasi yang relatif lebih sedikit, sehingga dapat diimplementasikan untuk aplikasi *real time*. Kelemahan penggunaan *watermarking* pada *spatial domain* adalah kegagalan untuk mendeteksi *watermark* apabila media telah diolah misalnya dengan penapisan, operasi geometris (*cropping*, penyekalaan), dan kompresi. *Watermarking* video dalam kawasan spasial dapat dilakukan dengan cara *video mosaicing* (Koubaa, 2006). Ko (2007) mengembangkan sebuah metode dalam kawasan spasial untuk menyisipkan *watermark* pada komponen video yang

memiliki intensitas tinggi, tekstur tinggi, pergerakan yang cepat, sehingga akan memperbaiki ketahanan algoritma *watermarking* terhadap serangan pengolahan video. *Watermarking* dalam kawasan spasial ini dapat juga dilakukan pada citra sebagai media. *Watermarking* pada kawasan spasial (Tirkel et al., 1996; Yeung et al., 1997; Bartollini et al., 2001; Queluz, 2000) mudah diimplementasikan dan tidak memerlukan citra asli (*host*) untuk mendeteksi *watermark*.

Beberapa peneliti telah melakukan *watermarking* terhadap video digital dengan menggunakan alihragam DCT (Chao et al, 2008; Liu et al, 2008; Chen et al, 2008; Du, 2007). Chao et al (2008) mengembangkan suatu algoritma *watermarking* dengan menggunakan alihragam DCT dan media yang digunakan adalah MPEG-4 terkompres. Pada penelitiannya Chao menggunakan skema sinkronisasi temporal frame-B dan frame-P. Liu et al 2008 melakukan *embedding watermark* pada koefisien DCT frame-I dan frame-P. Liu menggunakan berkas MPEG-4 sebagai media. Chen (2008) menggunakan komponen DC dari hasil alihragam DCT dan *frame* tetangga video. *Watermark* disisipkan secara adaptif pada koefisien blok DCT. Metode yang dikembangkan Chen lebih kebal terhadap kompresi berkas MPEG-2. Du (2007) mengembangkan suatu algoritma *watermarking* menggunakan alihragam DCT dan video *transcoding*. Cox et al. (1997) dan Koch et al. (1994) juga telah melakukan penelitian *watermarking* yang dilakukan pada kawasan DCT dengan citra sebagai media.

Beberapa peneliti telah melakukan *watermarking* terhadap video digital dengan menggunakan alihragam DFT. Ramkumar et al. (1999) melakukan penelitian *watermarking* yang dilakukan pada kawasan DFT. Dwiandiyanta (2009) juga telah membandingkan beberapa strategi penyisipan *watermark* pada komponen frekuensi tinggi, frekuensi menengah dan frekuensi rendah citra. Penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan alihragam *Discrete Fourier Transform* (DFT) sebagai filter frekuensi.

Tang (2009) mengenalkan *video watermarking* menggunakan *Dual Tree Complex Wavelet Transform* (DTCWT) dan *motion estimation*. *Watermark* disisipkan dengan blok yang mempunyai tekstur yang lebih tinggi. Liu (2001) mengembangkan *watermarking* video adaptif pada kawasan *wavelet*. Sebagai

hasilnya diperoleh metode *watermarking* yang kebal terhadap degradasi dan distorsi video, Gaussian *noise*, kompresi MPEG-2 dan *sampling*. Zhi (2008) mengembangkan *watermarking* adaptif yang diterapkan pada suatu makro-blok yang dipilih dari sebuah frame video dan kemudian menggunakan alihragam DWT. *Watermarking* video menggunakan 3D-DWT dan *error correction code* telah dikembangkan oleh Anqiang (2007). *Watermarking* video juga dapat diterapkan dengan menggunakan 3D *Wavelet Transform* dan coding CDMA (Wen, 2007). Penyisipan *watermark* dapat dilakukan di komponen LL 3D-DWT dan jaringan saraf tiruan (Li, 2007). Penyisipan di komponen LL ini menjamin algoritma lebih kebal terhadap serangan pengolahan video.

*Watermarking* dengan menggunakan alihragam DWT banyak diterapkan pada citra sebagai media. Penggunaan keluarga *wavelet* Daubechies dan kode Hamming membuat citra yang telah disisipi *watermark* lebih tampak seperti aslinya (Wang et al., 1998). Kanai et al. (1998) menggunakan citra poligon sebagai citra *host*, sehingga dapat digunakan untuk melakukan proteksi hak cipta terhadap model-model geometris 3-dimensi. Pereira et al. (1999) menitikberatkan pada optimisasi proses *embedding* dengan menggunakan *linear programming*. *Watermarking* pada kawasan DWT dapat juga dilakukan dengan menggabungkan dengan algoritma kompresi HS (*Hierarchical Segmentation*) dan menggunakan citra medis ROI (*Region of Interest*) sebagai citra *host* (Wakatani, 2002). Dwiandiyanta (2008) telah membandingkan *watermarking* yang dilakukan menggunakan alihragam *wavelet* dan DCT. *Watermarking* dapat digunakan untuk tujuan *image authentication* dengan menggunakan teknik kuantisasi optimal (Paquet et al., 2002).

Diantara ketiga jenis kawasan transformasi tersebut, kawasan DWT memiliki kelebihan dalam hal ketelitian analisis terhadap isyarat transformasi (Meerwald, 2001). Koefisien transformasi hasil DWT selanjutnya digabungkan dengan data *watermark* yang telah dipersiapkan guna penggabungan.

Pada penelitian ini akan dilakukan penyisipan *watermark* menggunakan alihragam *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Proses *embedding* dilakukan berdasarkan *Human Visual System* (HVS) dengan obyek berupa video digital,

sehingga diharapkan diperoleh *watermark* yang tidak kelihatan (*invisible watermark*). Algoritma *watermarking* yang dikembangkan dalam penelitian ini diharapkan mempunyai sifat kebal terhadap beberapa operasi video dan mempunyai beban komputasi yang relatif rendah. Dengan beban komputasi yang rendah maka algoritma dapat diterapkan secara *real-time*.

## 2.1 Teknik *Watermarking*

*Watermarking* video merupakan suatu cara untuk menanamkan data *watermark* pada suatu video *host*. Video *host* dimodifikasi bersama-sama dengan citra *watermark* untuk menghasilkan video *stego*. Dalam proses ini, video *stego* akan mengalami *error* atau distorsi. Untuk meyakinkan sifat transparansi data *watermark* yang telah ditanam, jumlah distorsi citra yang terjadi pada proses *embedding* harus seminimal mungkin. Video *stego* kemudian didistribusikan dan mungkin disirkulasikan dari konsumen legal ke konsumen yang ilegal. Dengan demikian, akan terjadi bermacam-macam distorsi pada video. Distorsi video kemungkinan dihasilkan oleh proses kompresi video *lossy*, *re-sampling* atau serangan khusus pada data *watermark* yang telah ditanamkan.

Proses ekstraksi *watermark*, tergantung dari aplikasinya, memerlukan referensi video *host* untuk mengestimasi data *watermark* pada video yang diterima. Citra *watermark* diperoleh dari video *stego*. Dalam proses ini dapat terjadi perbedaan antara citra *watermark* yang diuraikan dengan citra *watermark* asli. Proses *watermarking* yang baik akan meminimumkan perbedaan/*error* antara citra *watermark* yang diuraikan dengan citra *watermark* asli.

**Tabel 2.1** Istilah dalam proses *watermarking* video.

Istilah	Keterangan
Video <i>host</i>	Video asli yang akan disisipi pesan hak cipta/ <i>signature</i>
Citra <i>watermark</i>	Citra yang berupa pesan hak cipta/ <i>signature</i>
Video <i>stego</i>	Video <i>host</i> yang telah disisipi dengan pesan hak cipta/ <i>signature</i>
Embedding	Proses penyisipan citra <i>watermark</i> dalam citra <i>host</i>
Ekstraksi	Proses penguraian citra <i>watermark</i> atas citra <i>stego</i>

*Watermarking* dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa hal. Berdasarkan media penyembunyian data, *watermarking* dapat diklasifikasikan menjadi (Juanda, 2002):

1. *Image Watermarking*
2. *Audio Watermarking*
3. *Video Watermarking*
4. *Text Watermarking*.

Berdasarkan bisa atau tidaknya dirasakan oleh indra manusia, *watermarking* dapat diklasifikasikan menjadi:

1. *Visible Watermarking*: *watermarking* dapat dirasakan oleh indra manusia
2. *Invisible Watermarking*: *watermaking* tidak dapat dirasakan oleh indra manusia

Berdasarkan kebutuhan terhadap data asal pada saat verifikasi, *watermarking* dapat diklasifikasikan menjadi:

1. *Blind Watermarking*: proses verifikasi tidak membutuhkan data asal
2. *Nonblind Watermarking*: proses verifikasi membutuhkan data asal

Berdasarkan metode yang digunakan, *watermarking video* dapat diklasifikasikan menjadi:

1. *Spatial Domain Method*: Metode ini bekerja pada kawasan spasial. Secara umum metode ini rentan terhadap proses kompresi, transmisi dan *encoding*. Beberapa teknik algoritma yang termasuk ke dalam metode ini adalah: *Least Significant Bit Modification*, *Correlation-based Techniques*, *m-frame*, *spread spectrum*.
2. *Frequency Domain Method*: Metode ini bekerja pada domain frekuensi. Beberapa teknik algoritma yang termasuk ke dalam metode ini adalah: *Discrete Cosine Transform (DCT)*, *Discrete Wavelet Transform (DWT)*, *Discrete Fourier Transform (DFT)*, *Radon Transform*.
3. *MPEG Coding Structured Based Method*: Beberapa teknik algoritma yang termasuk ke dalam metode ini adalah: *MPEG-4 object-based*, *MPEG-2 blocked-based*.



Berdasarkan kegunaannya, *watermarking* dapat diklasifikasikan menjadi:

1. *Watermarking* untuk *Broadcast Monitoring*: *Watermarking* yang digunakan dalam *broadcast monitoring* dengan menambahkan *watermark* yang unik kedalam tiap video ataupun suara sebelum ditayangkan oleh stasiun televisi atau disiarkan oleh stasiun radio.
2. *Watermarking* untuk *Copy Control*: *Watermarking* yang disertai dengan *watermarking detector*, yang berfungsi untuk mendeteksi ada tidaknya data *watermark* di dalam file, jika ada maka beberapa proses yang akan dilakukan untuk *hardware* tersebut akan di-*disable*.
3. *Watermarking* untuk *Owner Identification*: *Watermarking* yang disisipkan ke dalam data *host* dan merupakan bagian dari data *host* tersebut. Sehingga usaha untuk menghilangkan *watermark* tersebut akan mengurangi kualitas dari data *host*.
4. *Watermarking* untuk *Proof of Ownership*: *Watermarking* yang berfungsi sebagai pembuktian kepemilikan.
5. *Watermarking* untuk *Authentication*: *Watermarking* di mana data *watermark* digabungkan dengan data *host*, sehingga kemanapun data tersebut, baik di-*cropping*, diubah ke dalam format digital lain, dan sebagainya, *watermark*-nya tetap akan ada bersama dengan data *host*.
6. *Watermarking* untuk *Fingerprinting*: *Watermarking* dengan menyembunyikan informasi *watermark* yang berbeda-beda kepada tiap data digital yang didistribusikan.
7. *Watermarking* untuk *Covert Communication*: *Watermarking* yang digunakan sebagai media untuk mengirimkan pesan-pesan rahasia. Aplikasi *watermarking* ini juga disebut *data hiding*.

## **2.2 Watermarking pada Warna Komponen**

*Watermarking* pada frame video/citra warna dapat dilakukan pertama-tama dengan mentransfer frame video ke bidang YUV dan menyisipkan *watermark* pada komponen luminans Y. Komponen krominans tidak digunakan karena mempunyai lebar-bidang yang sempit untuk tujuan penyisipan *watermark*.

*Watermark* dapat pula disisipkan pada setiap komponen RGB secara terpisah atau hanya pada salah satu komponen warna, misalnya komponen B karena berdasarkan sensitifitas log HVS (Kutter, 1997 dan Chu, 1999).

### 2.3 *Embedding* dengan Algoritma Aditif

Pada *watermarking* dengan algoritma aditif, data *watermark* disisipkan ke dalam frame video *host* dengan menggunakan persamaan:

$$f'(m,n) = f(m,n)(1 + \alpha w_i) \quad (2.1)$$

dengan  $f'(m,n)$  adalah koefisien data *host* yang sudah dimodifikasi,  $\alpha$  adalah faktor *embedding strength*,  $f(m,n)$  adalah koefisien frame video *host*, dan  $w_i$  adalah citra *watermark*. Alternatif yang lain, *embedding* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$f'(m,n) = f(m,n) + \alpha w_i \quad (2.2)$$

Sebelum dilakukan proses *embedding*, terkadang citra *watermark* biner ditransformasikan terlebih dahulu dengan alihragam *wavelet* biner (Swanson, 1996). Ekstraksi *watermark* dapat dilakukan dengan menggunakan informasi video *host* dan informasi video *stego* yang ada. Ekstraksi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$w_i^* = \frac{f^*(m,n) - f(m,n)}{\alpha f(m,n)} \quad (2.3)$$

dengan  $w_i^*$  adalah citra *watermark* hasil ekstraksi dan  $f^*(m,n)$  adalah frame video yang diterima.

### 2.4 Karakteristik *Watermarking*

Ada beberapa karakteristik sistem *watermarking* seperti *robustness*, *tamper resistance*, *fidelity*, dan *computational cost*. Dimana setiap karakteristik tersebut terdapat *trade-off* diantaranya. Evaluasi terhadap karakteristik sistem *watermarking* tidak sama untuk semua aplikasi, sehingga pemilihan *trade-off*

yang sesuai harus benar-benar dipertimbangkan berdasarkan aplikasi *watermarking*.

#### 2.4.1. Robustness

*Watermark* harus *robust* artinya *watermark* di dalam data *host* harus tahan terhadap beberapa operasi pemrosesan digital yang umum seperti penkonversian dari digital ke analog dan dari analog ke digital, dan kompresi terutama kompresi *lossy*.

Kadang-kadang sebuah *watermark* hanya tahan terhadap sebuah proses tetapi rentan terhadap proses yang lain. Tetapi untungnya dalam banyak aplikasi, ketahanan *watermark* terhadap semua proses yang mungkin tidak diperlukan dan dianggap terlalu berlebihan. Biasanya *watermark* harus tahan terhadap pemrosesan sinyal yang terjadi hanya antara proses *embedding* (penyembunyian *watermarking* dalam data) dan deteksi.

Ukuran *robustness* terhadap proses tertentu yang diperlukan untuk aplikasi tertentu mungkin tidak diperlukan dalam aplikasi yang lain. Untuk menentukan ukuran *robustness* harus terlebih dahulu dipikirkan aplikasi apa yang akan menggunakan sistem *watermarking*.

#### 2.4.2. Tamper Resistance

*Tamper resistance* adalah ketahanan sistem *watermarking* terhadap kemungkinan adanya serangan (*attack*) atau usaha untuk menghilangkan, merubah bahkan untuk memberikan *watermark* palsu terhadap suatu data *host*.

Ada beberapa jenis serangan (*attack*) terhadap sistem *watermarking* (Juanda, 2002):

- a. *Active attacks*. Merupakan serangan dimana seseorang berusaha untuk menghilangkan *watermark* yang terdapat di dalam data *host*.
- b. *Passive attacks*. Berbeda dengan *active attacks*, yang serangannya hanya ditujukan untuk mengetahui apa isi *watermark* tersebut, jika memang ada di dalam data *host*.

- c. *Collusion attacks*. Serangan ini merupakan usaha seseorang untuk menghasilkan sebuah *copy* dari data *host* yang tidak memiliki *watermark* dengan memanfaatkan beberapa data *host* yang memiliki berbagai *watermark*, seperti pada aplikasi *fingerprinting*. Serangan ini merupakan serangan khusus yang termasuk dalam *active attacks*.
- d. *Forgery attacks*. Serangan ini tidak hanya bertujuan untuk membaca atau menghilangkan *watermark* yang ada, tetapi juga menanamkan suatu *watermark* yang baru (tentunya yang valid) ke dalam suatu data *host*. Serangan ini cukup menjadi perhatian yang serius terutama untuk aplikasi bukti kepemilikan (*proof of ownership*)

#### **2.4.3. Fidelity**

Salah satu *trade-off* antara karakteristik *watermarking* yang sangat kelihatan adalah antara *robustness* dengan *fidelity*. Dalam beberapa literatur *fidelity* kadang disebut dengan *invisibility* untuk jenis data citra dan video atau *inaudible* untuk data jenis suara. Yang dimaksud dengan *fidelity* di sini adalah derajat degradasi data *host* sesudah diberikan *watermark* dibandingkan dengan sebelum diberikan *watermark*.

Biasanya bila *robustness* dari *watermark* tinggi maka memiliki *fidelity* yang rendah, sebaliknya *robustness* yang rendah dapat membuat *fidelity* yang tinggi. Jadi sebaiknya dipilih *trade-off* yang sesuai, sehingga keduanya dapat tercapai sesuai dengan tujuan aplikasi.

Untuk data *host* yang berkualitas tinggi maka *fidelity* dituntut setinggi mungkin sehingga tidak merusak data aslinya, sedangkan data *host* yang memiliki *noise* (kualitas kurang) maka *fidelity*-nya bisa rendah seperti pada suara pada siaran radio, suara pada telepon ataupun *broadcast* acara televisi.

#### **2.4.4. Computational Cost**

Ada beberapa aplikasi yang menuntut proses *watermarking* baik *embedding* maupun *extracting* bekerja secara *real time*, ada juga yang mengharapkan salah satu baik *extracting* atau *embedding* saja yang *real time* ataupun duanya boleh

tidak *real time*. Contohnya untuk aplikasi *owner identification* atau *proof of ownership*, proses *watermarking* baik *embedding* maupun *extracting* tidak perlu *real time*, sedangkan untuk aplikasi *fingerprinting* pada *service video on demand*, maka proses *embedding watermark* harus dilakukan secara *real time*.

## 2.5 Human Visual System

*Human Visual System* merupakan sebuah model yang sering digunakan oleh pakar di bidang pengolahan citra, pengolahan video dan komputer vision untuk menggambarkan proses biologi dan psikologi penglihatan manusia. HVS banyak diterapkan dalam beberapa bidang, misalnya pembuatan televisi berwarna. Mata manusia lebih peka terhadap isyarat luminans dibandingkan dengan warna (chroma), sehingga televisi berwarna lebih banyak mengalokasikan *bandwidth* yang lebih besar untuk luminans dibandingkan dengan warna.

Retina mata membagi isyarat visual menjadi beberapa komponen yang berbeda dan masing-masing komponen akan mempengaruhi lapisan visual melalui kanal terpisah. Masing-masing komponen menentukan beberapa karakteristik berikut.

1. Lokasi spasial citra.
2. Frekuensi citra.
3. Orientasi isyarat (horizontal, vertikal, diagonal).

### 2.5.1 Cahaya, Luminans, Kecerahan dan Kontras

Cahaya merupakan radiasi elektromagnetik yang merangsang tanggapan visual mata manusia. Cahaya dapat dinyatakan sebagai distribusi energi spektral  $L(\lambda)$ , dengan  $\lambda$  adalah panjang gelombang yang terletak pada daerah yang masih terlihat, yaitu 350 nm sampai 780 nm pada spektrum elektromagnetik. Cahaya yang diterima dari suatu objek  $I(\lambda)$  dapat ditulis sebagai:

$$I(\lambda) = \rho(\lambda)L(\lambda) \quad (2.4)$$

dengan  $\rho(\lambda)$  menyatakan transmisivitas atau reflektivitas objek dan  $L(\lambda)$  menyatakan distribusi energi sesaat.

Luminans atau intensitas suatu objek  $f(x, y)$  dengan distribusi cahaya  $I(x, y, \lambda)$  didefinisikan sebagai:

$$f(x, y) = \int_0^{\infty} I(x, y, \lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (2.5)$$

dengan  $V(\lambda)$  disebut fungsi efisiensi luminans relatif pada sistem visual.

Luminans suatu objek tidak tergantung pada luminans objek sekelilingnya. Kecerahan suatu objek adalah luminans objek yang diterima dan tergantung pada luminans sekelilingnya. Dua objek yang sama dengan berbeda latar-belakang mempunyai luminans sama tetapi berbeda kecerahan.

### 2.5.2 Kontras Simultan

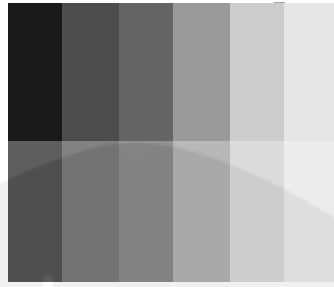
Pada Gambar 2.1, dua buah kotak mempunyai nilai luminans yang sama, namun yang satu terlihat lebih terang daripada yang lainnya. Hal ini disebabkan karena penerimaan mata manusia lebih sensitif terhadap kontras daripada terhadap nilai luminans.



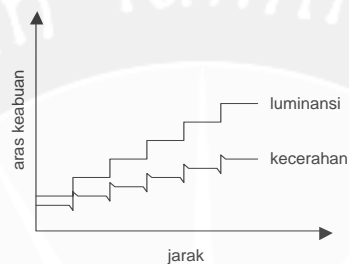
**Gambar 2.1** Dua kotak dengan luminans yang sama namun berbeda latar-belakang.

### 2.5.3 Efek *Mach Band*

Interaksi spasial luminans suatu objek dan sekelilingnya akan menghasilkan suatu fenomena yang disebut efek *Mach Band*. Diberikan diagram peningkatan aras keabuan pada Gambar 2.2.a dengan masing-masing batang mempunyai luminans yang sama, tetapi kecerahan yang tampak tidak seragam sepanjang tingkatan yang sama.



(a) Diagram batang aras keabuan



(b) Luminans dan kecerahan

**Gambar 2.2** Efek *Mach band*.

Transisi pada masing-masing batang terlihat lebih terang pada sisi kanan dan lebih gelap pada sisi kiri. Garis putus-putus pada Gambar 2.2.b menyatakan kecerahan yang diterima.

Menurut Kutter (1997), terdapat beberapa hal yang yang bisa dilakukan untuk melakukan proses *watermarking* yang sesuai dengan *Human Visual System*.

- Modifikasi pada frekuensi tinggi lebih tidak terlihat dibandingkan dengan frekuensi rendah.
- Dalam mata manusia distribusi kepadatan sel-sel kerucut komponen warna biru lebih jarang dibandingkan dengan distribusi kepadatan sel-sel kerucut komponen warna merah dan hijau, sehingga proses penyisipan *watermark* dilakukan pada komponen warna biru.

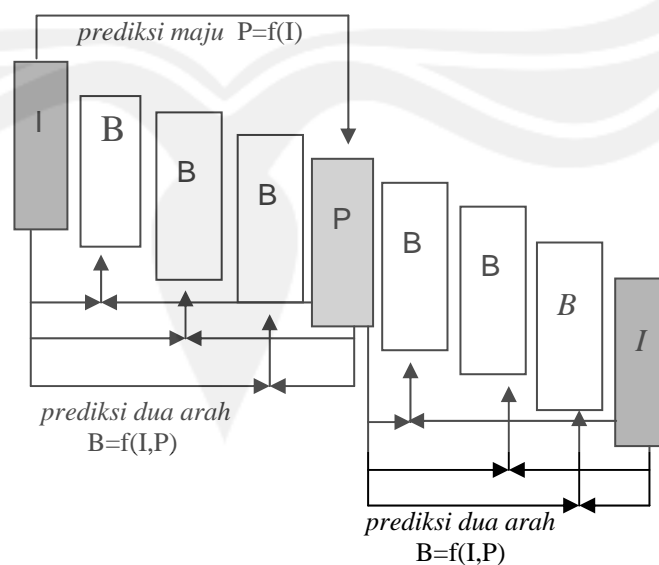
## 2.6 Video Digital

Kata *video* berasal dari kata latin “saya lihat”. Video adalah teknologi pemrosesan sinyal elektronik yang berupa gambar bergerak. Aplikasi yang umum dari video adalah televisi, tetapi video juga dapat digunakan dalam aplikasi lain

seperti produksi dan keamanan. Video memiliki 3 dimensi: 2 dimensi *spatial* (horisontal dan vertikal) dan 1 dimensi waktu. Data video memiliki *redundancy spatial* (warna dalam *still image*), dan *redundancy temporal* (perubahan antar *frame*).

Video digital pada dasarnya tersusun atas runtunan frame, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3. Runtunan frame tersebut ditampilkan pada layar dengan kecepatan tertentu, tergantung pada laju frame yang diberikan (dalam frame/detik). Jika laju frame cukup tinggi, maka mata manusia tidak dapat menangkap gambar per frame, melainkan menangkapnya sebagai runtunan yang kontinyu.

Masing-masing frame merupakan gambar (*image*) digital. Berkas video untuk aplikasi media penyimpanan (*storage*) pada Gambar 2.3 terdapat tiga tipe frame yaitu I, B dan P. Frame I merupakan Intra frame (I-frame) yang dikodekan hanya menggunakan informasi frame saat ini (*current frame*). Frame P merupakan *predicted frame* (P-frame) dikodekan menggunakan frame sebelumnya yaitu frame I atau P. Frame P disebut sebagai frame prediksi kedepan (*forward prediction*). Sedangkan Frame B dikodekan berdasarkan frame sebelum dan sesudahnya sebagai referensi. Teknik ini disebut prediksi dua arah (*bidirectional prediction*) (Salomon, 2000).



**Gambar 2.3** Runtunan frame.



Karakteristik suatu video digital ditentukan oleh resolusi (*resolution*), kedalaman piksel (*pixel depth*), dan laju frame (*frame rate*). Resolusi adalah ukuran sebuah frame. Resolusi dinyatakan dalam piksel x piksel. Semakin tinggi resolusi, semakin baik kualitas video tersebut, artinya dalam ukuran fisik yang sama, video dengan resolusi tinggi akan lebih detil. Pada video digital, umumnya data video dipisahkan menjadi komponen-komponen, baik komponen warna (*chrominance*) maupun komponen luminans (*luminance*). Penyajian semacam ini disebut video komponen, tiap komponen dipisahkan dengan cara tertentu. Beberapa cara pemisahan komponen tersebut adalah RGB, YUV, YIQ.

#### 1. RGB

Data video dapat dipisahkan menjadi komponen-komponen untuk masing-masing warna, yaitu merah (*red*), hijau (*green*) dan biru (*blue*). Warna tiap piksel ditentukan oleh kombinasi intensitas dari masing-masing komponen warna.

#### 2. YUV

Pemisahan komponen tidak hanya dilakukan dengan pemisahan warna, namun dapat juga dilakukan dengan pemisahan menurut komponen luminans (*luminance*) dan komponen warna (*chrominance*). Pada format PAL, sinyal luminans dinyatakan dengan Y, sedangkan dua sinyal warna dinyatakan dengan U dan V. Masing-masing komponen tersebut diperoleh dengan mentransformasikan RGB yang rumusnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Y &= 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B \\ U &= (B - Y) \times 0,493 \\ V &= (R - Y) \times 0,877 \end{aligned} \quad (2.6)$$

#### 3. YIQ

Pemisahan sinyal video menjadi komponen luminans dan komponen warna dapat dilakukan juga sesuai dengan format NTSC, komponen luminans dinyatakan dengan Y, dan dua komponen warna dinyatakan dengan I dan Q. Masing-masing komponen tersebut diperoleh dengan mentransformasikan RGB dengan rumus:

$$\begin{aligned} Y &= 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B \\ I &= 0,596 R - 0,257 G - 0,321 B \\ Q &= 0,212 R - 0,523 G - 0,311 B \end{aligned} \quad (2.7)$$

### 3.7 Format AVI

AVI merupakan salah satu format video. Meskipun format AVI sudah banyak dikenal hampir 10 tahun ini, tidak ada dokumentasi yang secara mendetail menjelaskan format AVI itu sendiri.

#### Struktur Dasar AVI

Ada 2 tipe dasar AVI le :

1. Chunks

```
typedef struct{
    DWORD dwFourCC;
    DWORD dwSize;
    BYTE data[dwSize]; //contains header or video/audio data
}CHUNK
```

2. List

```
Typedef struct{
    DWORD dwList;
    DWORD dwSize;
    DWORD dwFourCC;
    Byte data[dwSize-4]; //contains list and chunk
}LIST;
```

Chunk video, audio atau *subtitle* data menggunakan dwFourCC yang berisi 2 digit heksadesimal (*stream number*) dan 2 huruf menerangkan tipe data (dc=video, wb=audio, dan tx=text). Nilai dari dwFourCC dan dwSize mempunyai arti yang sama pada kedua struktur tersebut.

DWFourCC menjelaskan type dari chunk (misalnya "hdrl" untuk "header list"), dan dwSize menjelaskan ukuran dari chunk atau *list*. Pada list, 4 byte digunakan untuk dwFourCC.

## 2.8 Alihragam Wavelet

Alihragam *wavelet* mempunyai penerapan yang luas pada aplikasi pengolahan isyarat dan pengolahan citra. Ide dasar alihragam *Discrete Wavelet Transform* (DWT) 1-dimensi adalah seperti berikut. Isyarat dibagi menjadi dua bagian, frekuensi tinggi dan frekuensi rendah. Bagian frekuensi rendah dibagi lagi menjadi isyarat frekuensi tinggi dan rekuensi rendah. Proses ini diulang sampai isyarat tidak dapat didekomposisikan lagi atau sampai pada level yang telah ditentukan pengguna. Beberapa aplikasi pengolahan citra secara umum tidak memerlukan lebih dari 5 level dekomposisi (Meerwald, 2001). Isyarat asli dapat dipulihkan dengan menerapkan invers DWT (IDWT) pada isyarat yang telah didekomposisi.

Secara matematis, DWT dan IDWT dapat dijelaskan seperti berikut. Diberikan tapis lolos-bawah  $H(\omega)$ , dengan

$$H(\omega) = \sum_k h_k e^{-jk\omega} \quad (2.8)$$

dan tapis lolos-atas  $G(\omega)$ , dengan

$$G(\omega) = \sum_k g_k e^{-jk\omega} \quad (2.9)$$

Isyarat  $F(n)$  dapat didekomposisi secara rekursif sebagai

$$f_{j-1}^{low}(k) = \sum_n h_{n-2k} f_j(n) \quad (2.10)$$

dan

$$f_{j-1}^{high}(k) = \sum_n g_{n-2k} f_j(n) \quad (2.11)$$

dengan  $j = J+1, J, \dots, J_0$  dan  $f_{J+1}(k) = F(f)$ ,  $k \in \mathbb{Z}$ .  $J+1$  adalah indeks resolusi tertinggi dan  $J_0$  adalah indeks level resolusi terendah. Koefisien

$$f_{J_0}^{low}(k), f_{J_0}^{high}(k), f_{J_0+1}^{high}(k), \dots, f_j^{high}(k) \quad (2.12)$$

disebut dengan DWT atas isyarat  $F(n)$ , dengan  $f_{J_0}^{low}(k)$  adalah resolusi terendah (*aproximation*) dan  $f_j^{high}(k)$  adalah detail isyarat pada tiap bidang frekuensi. Isyarat  $F(n)$  dapat direkonstruksi berdasarkan koefisien DWT secara rekursif dengan

$$f_j^{low}(n) = \sum_k h_{n-2k} f_{j-1}^{low}(k) + \sum_k g_{n-2k} f_{j-1}^{high}(k) \quad (2.13)$$

Pada DWT dan IDWT diperlukan kondisi ortogonal antara tapis  $H(\omega)$  dan  $G(\omega)$ , sehingga

$$|H(\omega)|^2 + |G(\omega)|^2 = 1 \quad (2.14)$$

Sebagai contoh  $H(\omega)$  dan  $G(\omega)$  diberikan sebagai

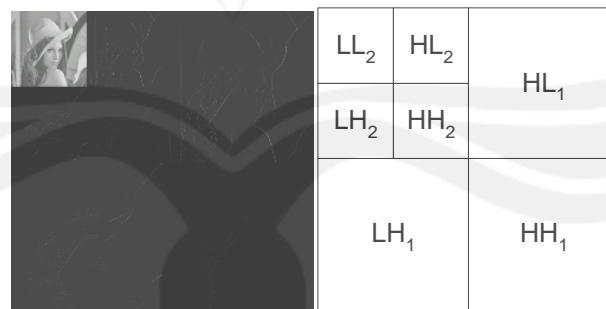
$$H(\omega) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} e^{-j\omega} \quad (2.15)$$

dan

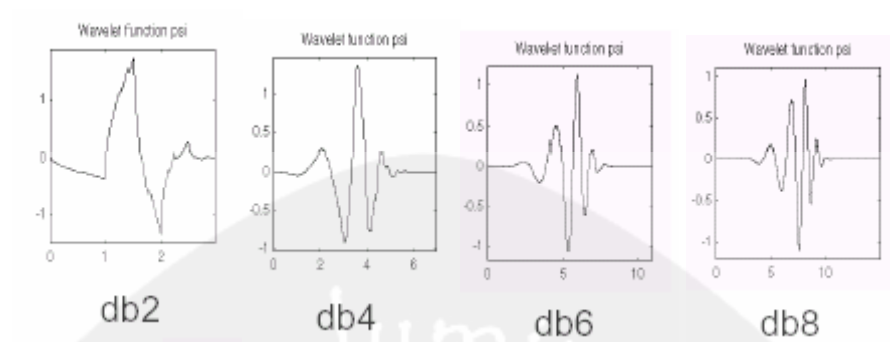
$$G(\omega) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} e^{-j\omega} \quad (2.16)$$

yang sering disebut dengan tapis *wavelet* Haar. Tapis lain yang sering digunakan dalam pengolahan citra adalah keluarga Daubechies (D-4, D-6, D-8, D-10, D-12) dan tapis biortogonal (B-5/3, B-7/9).

DWT dan IDWT isyarat 2-dimensi  $F(m,n)$  dapat diperoleh dengan menerapkan DWT dan IDWT 1-dimensi pada tiap dimensi  $m$  dan  $n$  secara terpisah, sehingga menghasilkan struktur piramid seperti terlihat pada contoh pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Contoh Dekomposisi Citra.



**Gambar 2.5** Beberapa anggota keluarga *wavelet* Daubechies.

## **BAB III**

### **MASALAH, TUJUAN DAN MANFAAT**

#### **3.1. PERUMUSAN MASALAH**

Dalam penelitian ini, dapat dijabarkan beberapa perumusan masalah yang ada:

1. Bagaimana membangun perangkat lunak *watermarking* video digital menggunakan alihragam *Discrete Wavelet Transform* (DWT)?
2. Bagaimana pengaruh operasi-operasi pengolahan video terhadap ketahanan algoritma *watermark* yang telah dikembangkan?
3. Bagaimana proses menyisipkan *watermark* dalam data video dan proses menguraikan data yang tersembunyi di dalam data video?
4. Bagaimana menyisipkan *watermark* yang sesuai dengan kaidah *Human Visual System* (HVS)?

#### **3.2. TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan penelitian ini adalah seperti berikut.

1. Membangun perangkat lunak *watermarking* video digital menggunakan alihragam *Discrete Wavelet Transform* (DWT).
2. Menguji pengaruh operasi-operasi pengolahan video terhadap ketahanan algoritma *watermark* yang telah dikembangkan.
3. Menyisipkan *watermark* dalam data video dan menguraikan data yang tersembunyi di dalam data video.
4. Menyisipkan *watermark* yang sesuai dengan kaidah *Human Visual System* (HVS).

Kegunaan *watermarking* video digital dengan menggunakan alihragam *Discrete Wavelet Transform* (DWT) antara lain berikut ini.

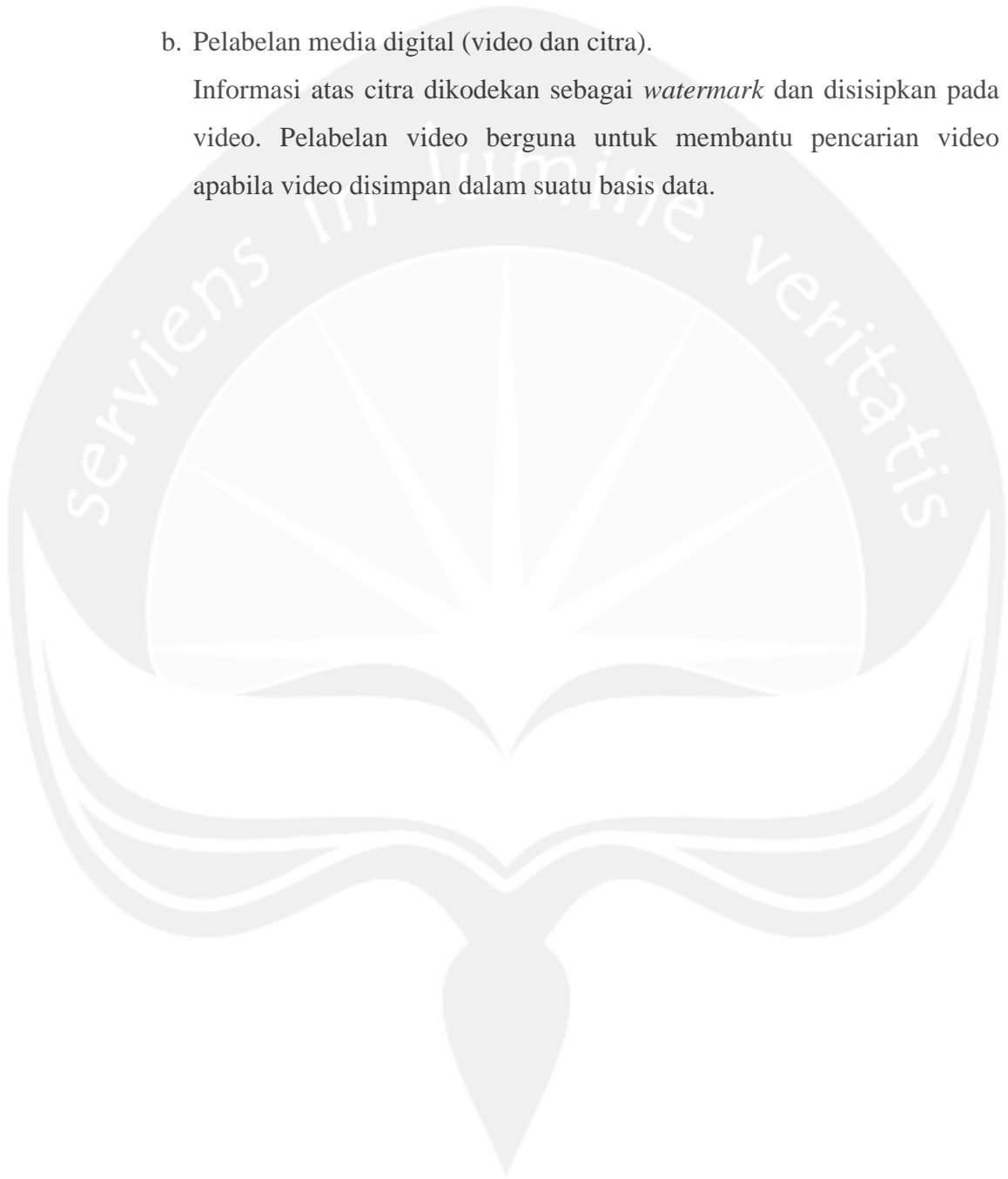
- a. Menanggulangi penyebaran karya seseorang secara ilegal.

Untuk melindungi hak atas kekayaan intelektual, pemilik dapat menambahkan *watermark* berupa informasi hak cipta ke data video.

*Watermark* seperti ini dapat membuktikan keabsahan pemilik hak cipta di pengadilan apabila seseorang membajak data video miliknya.

b. Pelabelan media digital (video dan citra).

Informasi atas citra dikodekan sebagai *watermark* dan disisipkan pada video. Pelabelan video berguna untuk membantu pencarian video apabila video disimpan dalam suatu basis data.



## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian akan dilakukan dalam beberapa tahap:

#### **4.1. Pengumpulan bahan**

Pengumpulan bahan bertujuan untuk memperoleh literatur yang lengkap tentang bahan yang sedang diteliti. Pengumpulan bahan dilakukan dengan mencari buku, jurnal, tesis yang berhubungan dengan bahan yang sedang diteliti. Pengumpulan bahan dapat memanfaatkan perpustakaan yang sudah ada dan mengakses situs-situs internet yang telah mempublikasikan hasil penelitian. Berdasarkan bahan-bahan yang sudah diperoleh kemudian dilakukan pengembangan terhadap algoritma *watermarking* yang akan diteliti.

#### **4.2. Analisis dan perancangan perangkat-lunak**

Pada tahap ini dilakukan penyusunan *flowchart* berdasarkan algoritma yang dikembangkan. Penyusunan *flowchart* bertujuan untuk mempermudah penyusunan perangkat-lunak. Analisis dapat juga dilakukan dengan membuat *Data Flow Diagram* (DFD) perangkat-lunak yang dikembangkan. Perancangan dilakukan dengan membuat antarmuka perangkat-lunak dan perancangan prosedur-prosedur yang akan digunakan.

#### **4.3. Pembuatan perangkat-lunak**

Hasil rancangan *flowchart* kemudian diimplementasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab 6.5. Pembuatan perangkat-lunak dilakukan dalam tahap sbb.

(i) Pembuatan perangkat-lunak proses *embedding*

Proses *embedding watermark* meliputi beberapa fungsi/prosedur sbb.

1. Prosedur alihragam *Discrete Wavelet Transform* (DWT)
2. Prosedur alihragam *wavelet* untuk citra biner
3. Prosedur permutasi *pseudo-random*
4. Prosedur pemilihan koefisien *Discrete Wavelet Transform* (DWT)

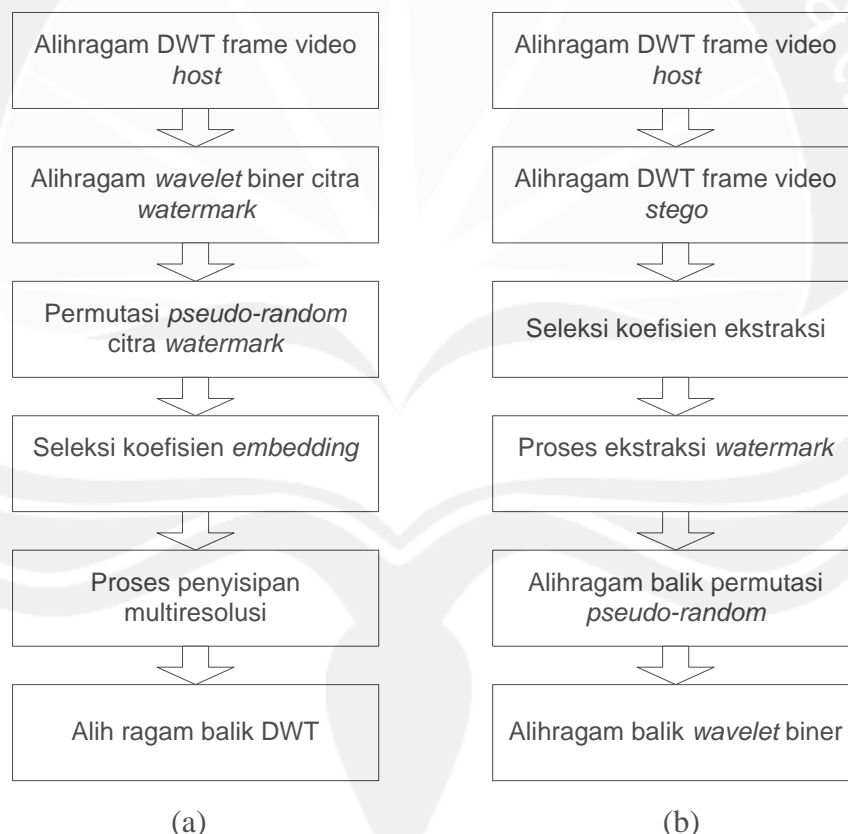


5. Prosedur penyisipan *watermark*
6. Prosedur alihragam balik *Discrete Wavelet Transform* (DWT)

(ii) Pembuatan perangkat-lunak proses ekstraksi *watermark*

Proses ekstraksi *watermark* meliputi beberapa fungsi/prosedur sbb.

1. Prosedur alihragam *Discrete Wavelet Transform* (DWT)
2. Prosedur mengekstraksi tiap-tiap subbidang pada frame video
3. Prosedur alihragam balik permutasi *pseudo-random*
4. Prosedur rekonstruksi citra *watermark*
5. Prosedur untuk menghitung korelasi *watermark*



**Gambar 4.1** (a) Diagram alir proses *embedding*,  
(b) diagram alir proses ekstraksi.

#### 4.4. Pengujian perangkat-lunak

Perangkat lunak yang sudah jadi kemudian diuji dengan menggunakan data video yang sesungguhnya. Pada tahap ini dilakukan pengujian apakah perangkat-

lunak sudah bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Revisi perangkat-lunak dapat dilakukan jika program tidak bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

**a. Pengujian ketahanan algoritma *watermarking* terhadap serangan**

Pada pengujian ini akan digunakan video *stego* yang sudah mengalami gangguan, kemudian dilihat seberapa besar *watermark* yang telah ditanam mengalami distorsi.

**b. Pengujian dengan variasi host**

Pengujian dilakukan dengan menggunakan bermacam-macam video dengan berbagai macam karakteristik.

**c. Pengujian kepada responden**

Pengujian kepada responden digunakan untuk menguji secara visual apakah hasil video dan citra *watermark* sama/mirip dengan citra aslinya. Pengujian akan dilakukan kepada 30 orang responden, dengan bermacam-macam jenis video dan perubahan parameter *embedding*. Hasil pengujian juga akan membedakan unjuk kerja secara visual algoritma yang dikembangkan.

Untuk menentukan kualitas video hasil proses *watermarking*, digunakan dua buah kriteria.

**1. Kriteria obyektif (kuantitatif)**

Kriteria kuantitatif diberikan kepada video hasil *watermarking* dengan menggunakan nilai MSE (*Mean Square Error*), PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) terhadap video *stego* yang diperoleh dan *Normalized Correlation* (NC) terhadap citra *watermark* yang sudah diurai.

**2. Kriteria subyektif (kualitatif)**

Kriteria kualitatif diberikan kepada video *stego* yang diperoleh dan citra *watermark* yang diurai. Penilaian terhadap video *stego* dapat dilakukan

dengan cara mengidentifikasi apakah terjadi distorsi pada video *stego*. Penilaian terhadap citra *watermark* hasil ekstraksi dapat dilakukan dengan cara mengamati apakah pola *watermark* masih dapat dikenali. Penilaian berdasarkan citra keluaran ini lebih bersifat subyektif, karena penerimaan dan penilaian tiap orang cenderung berbeda.



## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1. Pengantar

Pada bab ini akan dibahas mengenai analisis dan perancangan sistem yang akan dibuat. Pokok bahasan yang terdapat dalam bab ini adalah deskripsi keseluruhan, kebutuhan khusus, kebutuhan fungsionalitas dan perancangan arsitektur sistem yang dikembangkan. Selain itu akan dibahas juga mengenai hasil penelitian dan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kinerja algoritma *watermarking* yang dikembangkan dalam penelitian ini.

#### 5.2. Deskripsi Keseluruhan

##### 5.2.1. Perspektif Produk

Sistem ini adalah suatu program aplikasi yang digunakan untuk memberikan *watermark* pada suatu media video, menguraikan *watermark* yang telah disisipkan, juga memberikan serangan kepada video yang telah disisipi *watermark*. Dengan aplikasi ini diharapkan dapat membantu user untuk memberikan suatu label *watermark* terhadap video yang akan diproteksi, sekaligus memungkinkan user untuk menguraikan *watermark* yang telah disisipkan.

Pada sistem ini, input data yang dapat dimasukkan user adalah: `video_host`, `video_watermark`, `parameter_watermarking` dan `video_stego`. Berikut ini adalah proses yang terjadi bila digambarkan dalam sebuah diagram (Gambar 5.1).



**Gambar 5.1.** Proses pada sistem *standalone*

Data yang terdapat dalam aplikasi ini adalah data video, yang berupa video *watermark*, video *host*, dan video *stego*. Sedangkan *Personal Computer* digunakan untuk menjalankan aplikasi *watermarking* ini.

Pada aplikasi ini, terdapat seorang user yang dapat menggunakan sistem ini. User akan berinteraksi dengan sistem untuk melakukan proses *embedding watermarking*, menguraikan *watermarking*, dan memberikan serangan terhadap video yang telah disisipi *watermark*.

### 5.2.2. Fungsi Produk

Fungsi produk perangkat lunak yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

1. Fungsi *embedding*, adalah fungsi yang digunakan untuk menyisipkan citra *watermark* kepada video *host* yang sudah dipilih oleh *user*.
2. Fungsi ekstrak, adalah fungsi yang digunakan untuk menguraikan citra *watermark* yang sudah disisipkan ke dalam video *stego*.
3. Fungsi *attack*, adalah fungsi yang digunakan untuk memberikan serangan pengolahan video kepada video yang sudah disisipi dengan *watermark*.

Selain fungsi-fungsi utama di atas, diberikan juga fungsi-fungsi tambahan sebagai berikut:

1. Fungsi Open, adalah fungsi yang digunakan untuk memilih video *host* dan video *watermark*, sekaligus menampilkan video yang dipilih pada sebuah jendela.
2. Fungsi Save, adalah fungsi yang digunakan untuk menyimpan video yang telah disisipi dengan *watermark* (video *stego*), atau dapat juga digunakan untuk menyimpan video *stego* yang telah diserang dengan beberapa jenis operasi pengolahan video.

### 5.2.3. Karakteristik Pengguna

Karakteristik pengguna yang menggunakan perangkat-lunak ini adalah:

- a. Mengerti pengoperasian komputer.
- b. Memahami sistem komputer tempat perangkat-lunak dijalankan.

- c. Mengerti sistem *watermarking* video dengan algoritma *wavelet*.

#### **5.2.4. Batasan-batasan**

Sistem ini memiliki keterbatasan, yaitu bersifat *offline/standalone*.

### **5.3. Kebutuhan Khusus**

#### **5.3.1. Kebutuhan Antarmuka Eksternal**

Kebutuhan antarmuka eksternal pada perangkat-lunak ini meliputi kebutuhan antarmuka pemakai, antarmuka perangkat-keras, antarmuka perangkat-lunak, dan antarmuka komunikasi.

#### **5.3.2. Kebutuhan Antarmuka Internal**

Pengguna berinteraksi dengan antarmuka yang ditampilkan dalam layar komputer dengan format windows form dengan pilihan fungsi dan form untuk pengisian data dan tampilan informasi pada layar monitor.

#### **5.3.3. Kebutuhan Antarmuka Perangkat Keras**

Antarmuka perangkat keras yang digunakan dalam perangkat-lunak ini adalah:

- a. Personal Komputer
- b. *Keyboard* dan *Mouse*
- c. Monitor

#### **5.3.4. Kebutuhan Antarmuka Perangkat Lunak**

Perangkat-lunak yang dibutuhkan untuk mengoperasikan perangkat-lunak ini adalah:

- a. Nama : Matlab 6.1
- Sumber : The MathWorks, Inc.

Perangkat-lunak ini digunakan sebagai *tool* pembuatan aplikasi

- b. Nama : Microsoft Windows 2000/ XP

Sumber : Microsoft

Perangkat lunak sebagai sistem operasi komputer

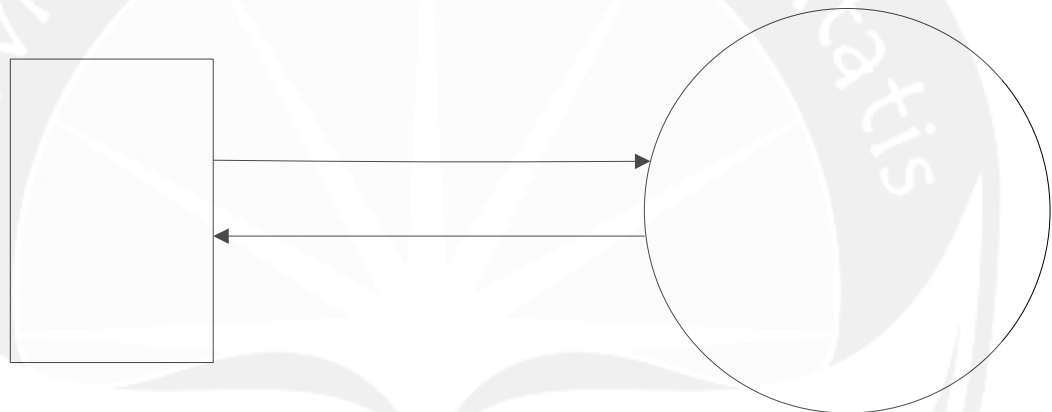
### 5.3.5. Kebutuhan Antarmuka Komunikasi

Dalam aplikasi ini tidak digunakan antarmuka komunikasi karena aplikasi berjalan secara *standalone*.

## 5.4. Kebutuhan Fungsionalitas

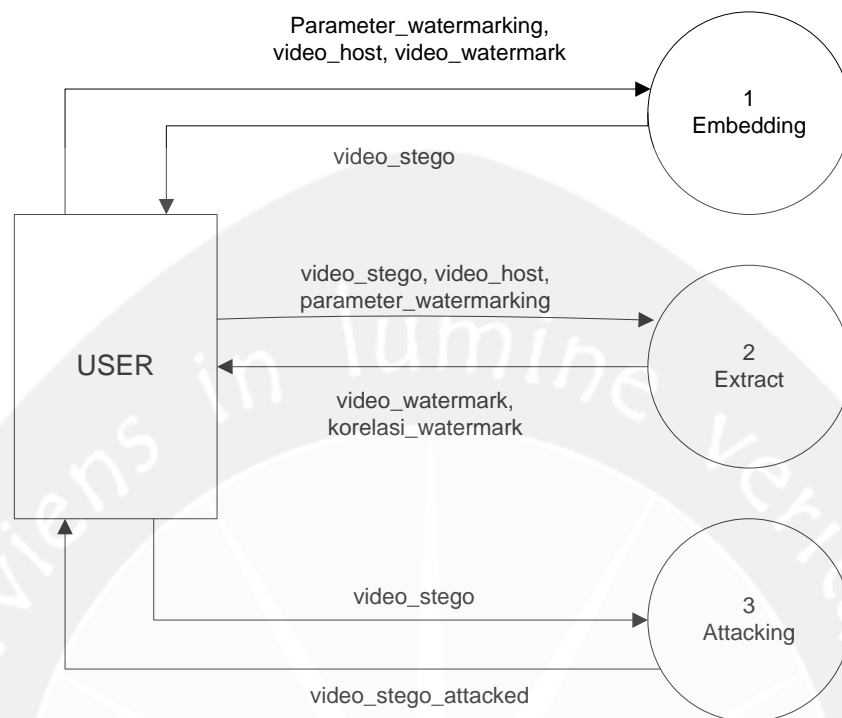
### 5.4.1. Data Flow Diagram (DFD)

*Data Flow Diagram* level 0 sistem ini dapat digambarkan sbb.



**Gambar 5.2.** DFD Level 0

Sedangkan DFD level 1 dapat dilihat pada Gambar 5.3. Pada DFD level 1 terdapat tiga proses utama, yaitu: proses *embedding*, proses *extract*, dan proses *attack*. Ketiga proses tersebut memerlukan parameter *watermark* yang diinputkan oleh user.

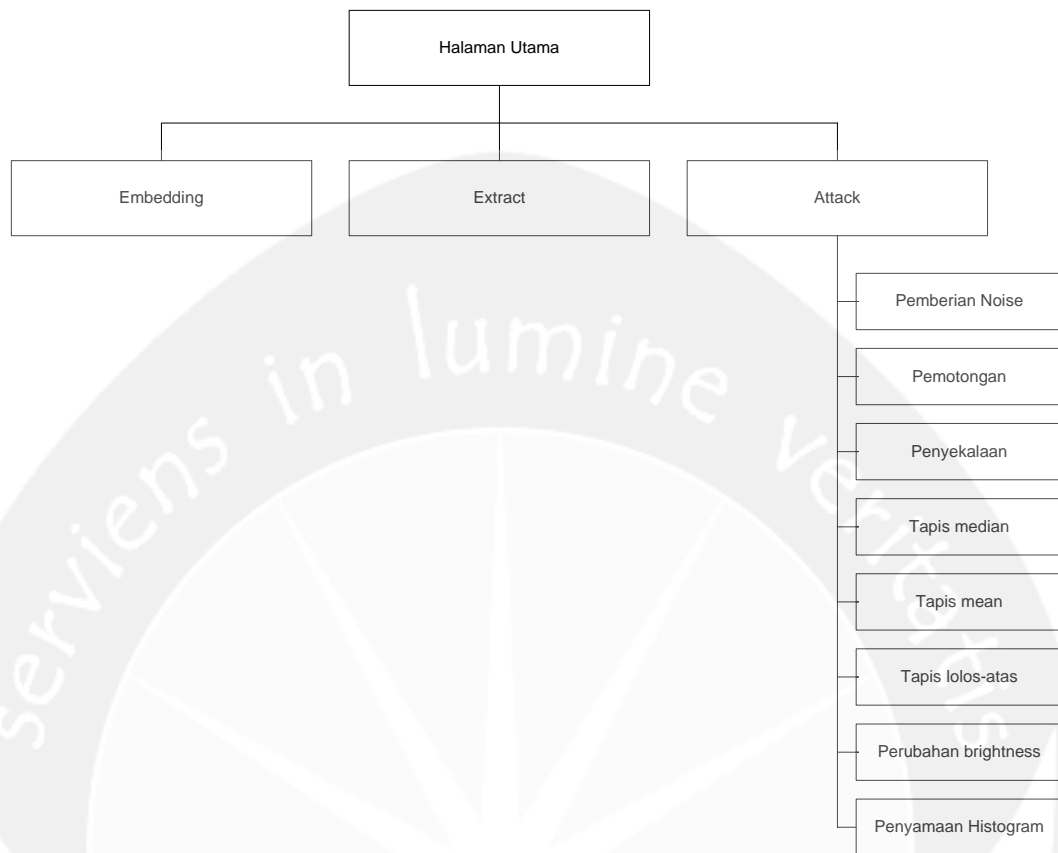


**Gambar 5.3.** DFD Level 1

#### 5.4.2. Perancangan Arsitektur Modul

Berikut ini adalah gambar modul perancangan arsitektur sistem ini:



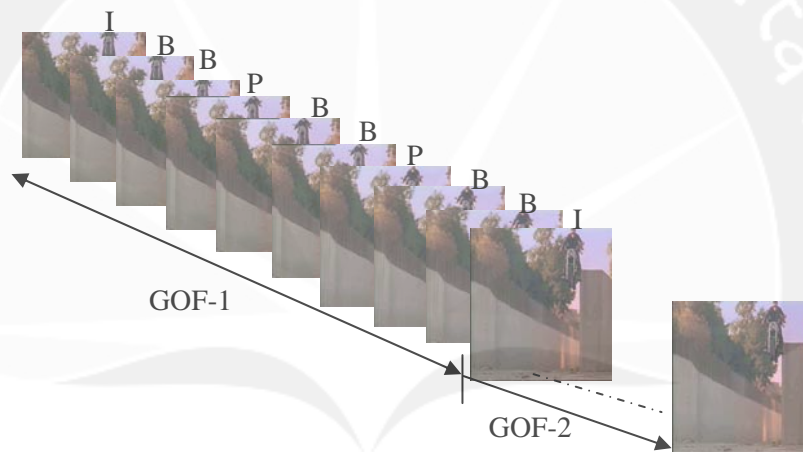


**Gambar 5.4.** Perancangan Arsitektural Modul

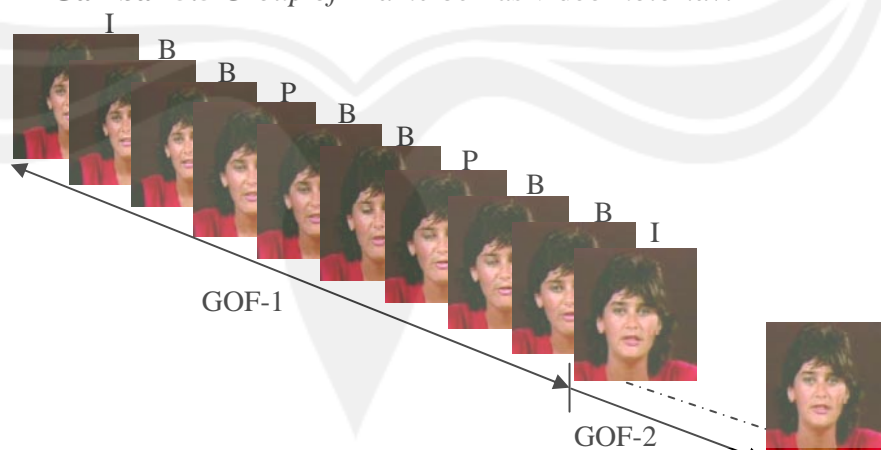
Gambar 5.4 menunjukkan bahwa program secara umum terdiri dari tiga bagian, yaitu: modul yang digunakan untuk *embedding*, modul yang digunakan untuk *extract*, dan modul yang digunakan untuk serangan terhadap video *stego*. Modul yang digunakan untuk serangan terhadap video *stego* dibagi menjadi beberapa modul, yaitu: modul pemberian *noise*, pemotongan video, penyekalaan video, tapis median, tapis *mean*, tapis lolos-atas, perubahan *brightness*, dan penyamaan histogram.

## 5.5 Hasil dan Pembahasan

Dalam pengujian program *watermarking* berkas video dengan metode alihragam *Discrete Wavelet Transform* (DWT) digunakan berkas video berekstensi AVI dan kedalaman piksel 24-bit warna. Ukuran tiap frame dalam berkas video adalah 256 x 256 piksel. Untuk satu *Group of Frame* (GOF) terdiri dari 10 frame, yang merupakan jarak antara frame I. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 berikut ini. Berkas video yang dipakai sebagai sampel dalam simulasi ini antara lain, *motor.avi* dan *missa.avi* dengan jumlah frame masing-masing diambil 10 frame. Sedangkan Gambar 5.7 adalah gambar yang digunakan sebagai citra *watermark*.



Gambar 5.5 Group of Frame berkas video *motor.avi*



Gambar 5.6 Group of Frame berkas video *missa.avi*



**Gambar 5.7** Citra *watermark*

Pada penelitian ini akan dikembangkan algoritma *watermarking* dalam kawasan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Algoritma *watermarking* harus dapat bertahan (*robust*) terhadap serangan-serangan yang berusaha membuang atau menghilangkan *watermark* dari video *stego*.

#### **5.6. *Embedding Watermark* menggunakan Alihragam DWT**

Gambar 5.8 merupakan hasil proses *watermarking* dan ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan alihragam DWT. Proses *embedding* dilakukan pada kanal biru video *host* frame ke-1 menggunakan alihragam *wavelet* db4 sampai level ke-3 dengan pemilihan parameter *embedding strength* level ke-2 ( $\alpha_2$ ) = 1 dan *embedding strength* level ke-3 ( $\alpha_3$ ) = 0,6.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 5.8** (a) Frame ke-1 video *host*, (b) frame ke-1 video *stego*, (c) hasil ekstraksi atas (b).

### 5.7. Pengaruh Perubahan *Embedding Strength*

Proses *embedding* dilakukan dengan parameter  $\alpha$  yang diubah-ubah. Perubahan parameter dapat dilakukan pada tiap level alihragam *wavelet* secara berbeda. Dalam hasil sementara ini akan diuraikan pengubahan parameter *embedding strength* pada level ke-2 ( $\alpha_2$ ), level ke-3 ( $\alpha_3$ ) dan level ke-4 ( $\alpha_4$ ).

#### a. Pengaruh perubahan $\alpha_2$

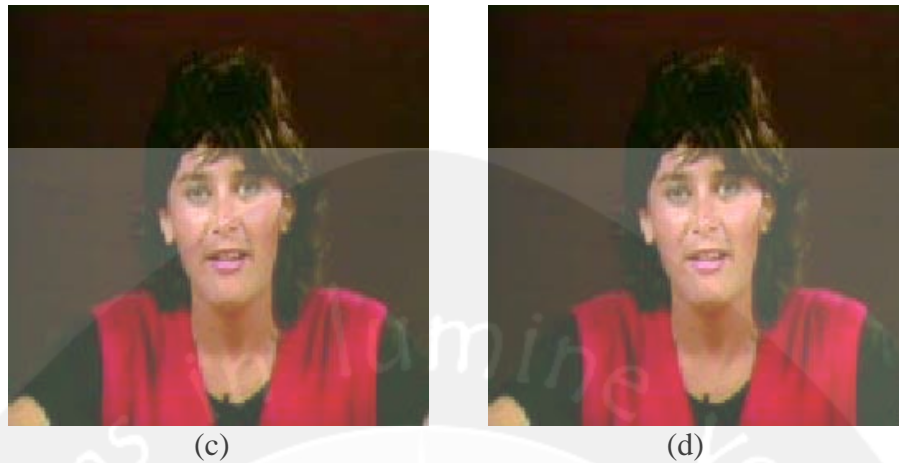
Gambar 5.9 menunjukkan frame ke-1 *missa.avi* yang telah disisipi *watermark* pada kanal biru. Proses *embedding* dilakukan dengan menggunakan alihragam *wavelet* db4 pada level ke-3, dengan parameter  $\alpha_3=0,6$  dan parameter  $\alpha_2$  yang diubah-ubah. Tabel 5.1 dan Gambar 5.10 menunjukkan hubungan antara perubahan  $\alpha_2$  dengan MSE *Blue* dan PSNR *Blue*.



(a)



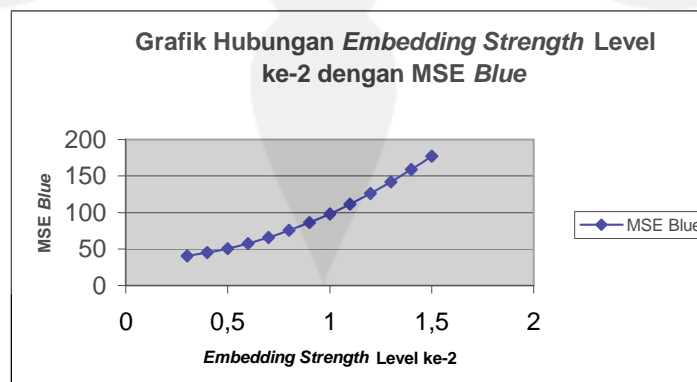
(b)



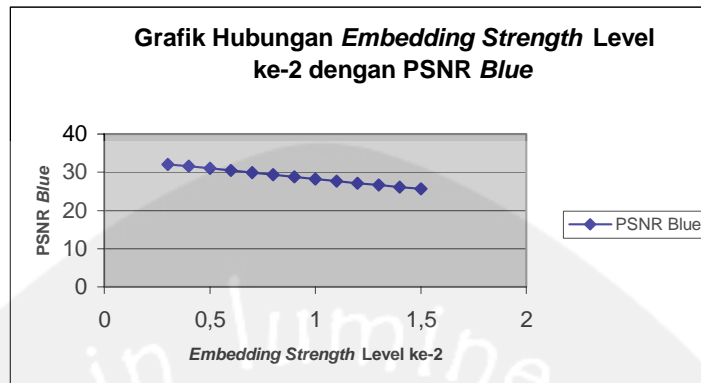
**Gambar 5.9** Frame ke-1 *stego* yang diperoleh berdasarkan proses *embedding* pada kanal biru dengan *embedding strength*  $\alpha_2$  (a) 0,3, (b) 0,6, (c) 0,9, (d) 1,2.

**Tabel 5.1** Hubungan antara *embedding strength*  $\alpha_2$  dengan MSE dan PSNR *Blue*.

Missa.avi	$\alpha_2$	MSE <i>Blue</i>	PSNR <i>Blue</i>
Frame ke-1	0,3	40,5915	32,0465
Frame ke-1	0,4	45,0211	31,5966
Frame ke-1	0,5	50,7164	31,0793
Frame ke-1	0,6	57,6772	30,5208
Frame ke-1	0,7	65,9037	29,9417
Frame ke-1	0,8	75,3958	29,3573
Frame ke-1	0,9	86,1536	28,7781
Frame ke-1	1,0	98,1769	28,2107
Frame ke-1	1,1	111,4659	27,6594
Frame ke-1	1,2	126,0204	27,1264
Frame ke-1	1,3	141,8406	26,6128
Frame ke-1	1,4	158,9264	26,1188
Frame ke-1	1,5	177,2778	25,6443



(a)



(b)

**Gambar 5.10** Grafik pengaruh faktor *embedding strength*  $\alpha_2$  terhadap (a) MSE *Blue*, (b) PSNR *Blue*.

#### b. Pengaruh perubahan $\alpha_3$

Gambar 5.11 menunjukkan frame ke-1 *missa.avi* yang telah disisipi *watermark* pada kanal biru. Proses *embedding* dilakukan dengan menggunakan alihragam *wavelet db4* pada level ke-3, dengan parameter  $\alpha_2=1$  dan parameter  $\alpha_3$  yang diubah-ubah. Tabel 5.2 dan Gambar 5.12 menunjukkan hubungan antara perubahan  $\alpha_3$  dengan MSE *Blue* dan PSNR *Blue*.



(a)



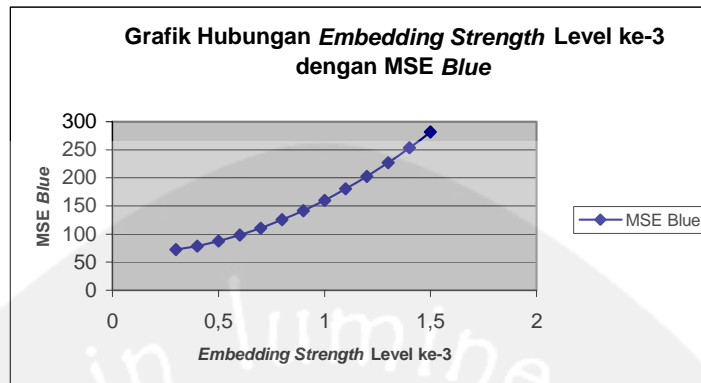
(b)



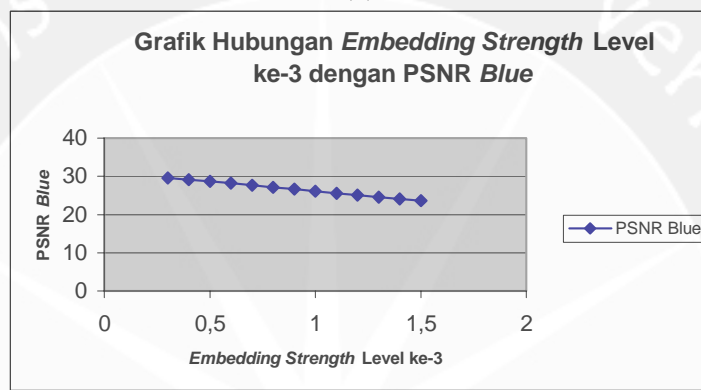
**Gambar 5.11** Frame ke-1 *stego* yang diperoleh berdasarkan proses *embedding* pada kanal biru dengan *embedding strength*  $\alpha_3$  (a) 0,3, (b) 0,6, (c) 0,9, (d) 1,2.

**Tabel 5.2** Hubungan antara *embedding strength*  $\alpha_3$  dengan MSE dan PSNR *Blue*.

Missa.avi	$\alpha_3$	MSE <i>Blue</i>	PSNR <i>Blue</i>
Frame ke-1	0,3	72,0048	29,5572
Frame ke-1	0,4	78,7901	29,1661
Frame ke-1	0,5	87,5142	28,7100
Frame ke-1	0,6	98,1769	28,2107
Frame ke-1	0,7	110,7783	27,6863
Frame ke-1	0,8	125,3184	27,1507
Frame ke-1	0,9	141,7971	26,6141
Frame ke-1	1,0	160,2146	26,0838
Frame ke-1	1,1	180,5707	25,5643
Frame ke-1	1,2	202,8655	25,0587
Frame ke-1	1,3	227,0989	24,5687
Frame ke-1	1,4	253,2711	24,0949
Frame ke-1	1,5	281,3819	23,6378



(a)



(b)

**Gambar 5.12** Grafik pengaruh faktor *embedding strength*  $\alpha_3$  terhadap (a) MSE *Blue*, (b) PSNR *Blue*.

### c. Pengaruh perubahan $\alpha_4$

Gambar 5.13 menunjukkan frame ke-1 *missa.avi* yang telah disisipi *watermark* pada kanal biru. Proses *embedding* dilakukan dengan menggunakan alihragam *wavelet* *db4* pada level ke-4, dengan parameter  $\alpha_2=1$ ,  $\alpha_3=0,6$  dan parameter  $\alpha_4$  yang diubah-ubah. Tabel 5.3 dan Gambar 5.14 menunjukkan hubungan antara perubahan  $\alpha_4$  dengan MSE *Blue* dan PSNR *Blue*.





(a)



(b)



(c)

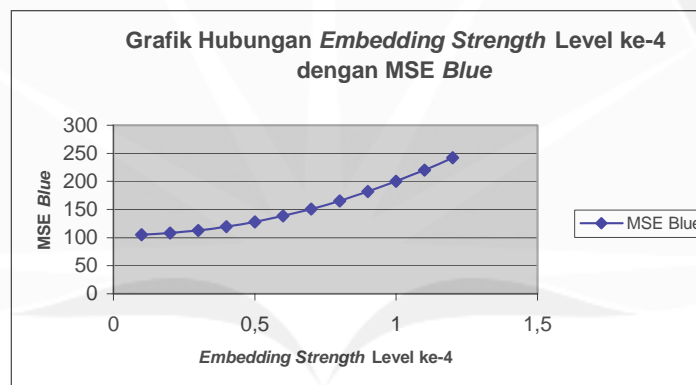


(d)

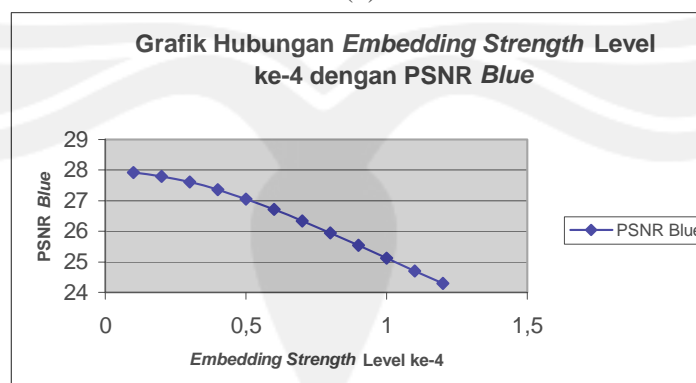
**Gambar 5.13** Frame ke-1 *stego* yang diperoleh berdasarkan proses *embedding* pada kanal biru dengan *embedding strength*  $\alpha_4$  (a) 0,3, (b) 0,6, (c) 0,9, (d) 1,2.

**Tabel 5.3** Hubungan antara *embedding strength*  $\alpha_4$  dengan MSE dan PSNR *Blue*.

Missa.avi	$\alpha_4$	MSE <i>Blue</i>	PSNR <i>Blue</i>
Frame ke-1	0,1	105,0442	27,9171
Frame ke-1	0,2	107,9194	27,7998
Frame ke-1	0,3	112,7114	27,6111
Frame ke-1	0,4	119,4203	27,3600
Frame ke-1	0,5	128,0459	27,0571
Frame ke-1	0,6	138,5884	26,7135
Frame ke-1	0,7	151,0477	26,3397
Frame ke-1	0,8	165,4238	25,9448
Frame ke-1	0,9	181,7167	25,5369
Frame ke-1	1,0	199,9264	25,1221
Frame ke-1	1,1	220,0529	24,7055
Frame ke-1	1,2	242,0962	24,2909



(a)



(b)




**Gambar 5.14** Grafik pengaruh faktor *embedding strength*  $\alpha_4$  terhadap (a) MSE *Blue*, (b) PSNR *Blue*.

Berdasarkan penelitian pendahuluan yang dilakukan, diperoleh bahwa semakin besar nilai *embedding strength* akan diperoleh MSE yang makin besar dan PSNR yang makin kecil. Hal itu menunjukkan bahwa video *stego* makin berbeda dengan video *host*. Pengamatan secara subyektif menunjukkan bahwa semakin besar nilai *embedding strength* akan semakin terlihat perbedaan antara video *stego* dengan video *host*. Perbedaan tersebut terutama muncul pada bagian detail video. Perbedaan tersebut disebabkan karena proses *embedding* yang dilakukan pada komponen frekuensi tinggi atau bagian detail frame video. Untuk *embedding strength* yang bernilai kecil, mata manusia kurang mampu untuk membedakan perubahan yang terjadi. Hal ini disebabkan karena mata manusia kurang peka terhadap perubahan yang terjadi pada frekuensi tinggi. Perubahan *embedding strength* pada level yang lebih tinggi akan mempunyai sensitivitas yang lebih besar dibandingkan dengan *embedding strength* pada level yang lebih rendah.

#### 5.8. Pengujian terhadap frame video yang lain

Tabel 5.4 berikut adalah hasil pengujian dengan file video yang lain. Frame video yang diambil adalah frame ke-1 dan frame ke-10 yang merupakan penyandian interframe.

**Tabel 5.4.** Pengujian dengan video yang lain

Nama berkas	Video Host	Video Stego	Ekstraksi Watermark
Missa.avi Frame ke-10			

motor.avi Frame ke-1			
motor.avi Frame ke-10			
motor.avi Frame ke-29			

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, video yang telah disisipi *watermark* terlihat mirip dengan video sebelum disisipi *watermark*. Hasil *watermark* yang diurai juga sama dengan *watermark* yang disisipkan. Hal ini secara analisis kuantitatif terlihat dari nilai korelasi *watermark* yang bernilai satu.

### 5.9 Pengujian terhadap responden

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap 40 responden, diperoleh hasil bahwa video yang telah disisipi dengan *watermark* secara visual terlihat sama dengan citra sebelum disisipi *watermark*. Hasil ini sejalan dengan studi pendahuluan bahwa mata manusia kurang peka terhadap komponen warna biru, sehingga penyisipan *watermark* pada komponen warna ini dapat

‘mengelabui’ mata manusia. Namun apabila pemilihan *embedding strength* terlalu besar, mata manusia akan dapat menangkap perbedaan yang terjadi.

#### 5.10 Pengujian kinerja algoritma

Algoritma *watermarking* harus dapat bertahan (*robust*) terhadap serangan-serangan yang berusaha membuang atau menghilangkan *watermark* dari citra *stego*. Dalam bagian ini akan digunakan citra diam sebagai obyek yang akan diuji, dengan asumsi bahwa frame video yang akan diolah juga berupa citra diam.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan analisis sebagai berikut.

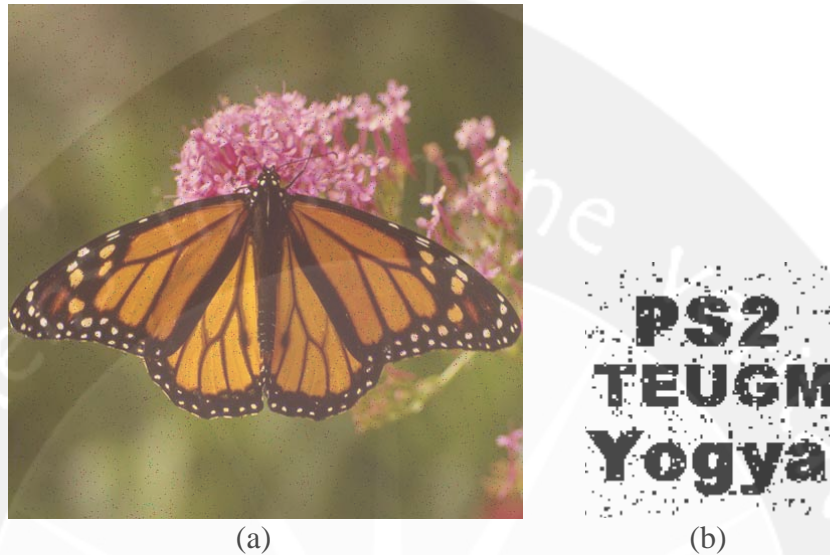
1. Pengaruh derau terhadap algoritma *watermarking*
  - a. Pengaruh derau *salt and pepper*
  - b. Pengaruh derau Gaussian
2. Pengaruh operasi geometris terhadap algoritma *watermarking*
  - a. Pengaruh pemotongan citra
  - b. Pengaruh penyekalaan citra
3. Pengaruh operasi pengolahan citra terhadap algoritma *watermarking*
  - a. Pengaruh tapis median
  - b. Pengaruh tapis lolos-atas
  - c. Pengaruh tapis *mean*
  - d. Pengaruh perubahan *brightness*
  - e. Pengaruh penyamaan histogram

##### 5.10.1 Pengaruh Derau terhadap Algoritma *Watermarking*

###### a. Pengaruh derau *salt and pepper*

Derau *salt and pepper* dikenal juga sebagai *impulse* atau *shot noise*. Derau tipe ini berbentuk titik-titik putih dan hitam yang tersebar pada citra. Gambar 5.15 merupakan contoh citra *stego* yang diberi derau *salt and pepper*. Terlihat bahwa citra *watermark* yang diurai juga akan mengalami gangguan, walaupun secara visual pola *watermark* masih dapat dikenali. Tabel 5.5 dan Gambar 5.16 menunjukkan hubungan antara densitas derau *salt and pepper* dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*. Berdasarkan pengujian, terlihat bahwa semakin

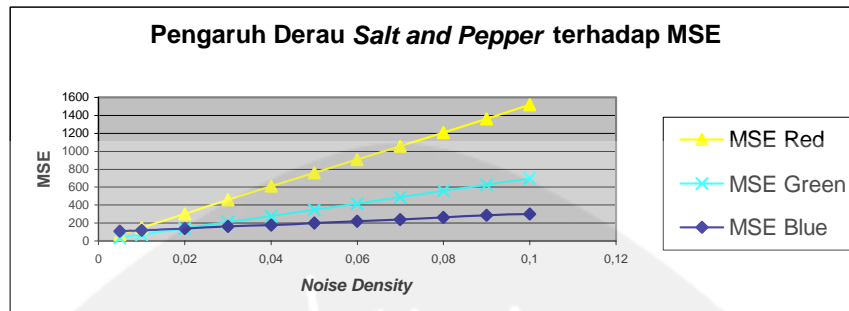
besar densitas derau *salt and pepper* maka akan semakin kecil korelasi *watermark* yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena pemberian derau *salt and pepper* akan menghilangkan informasi *watermark* pada piksel yang terkena derau.



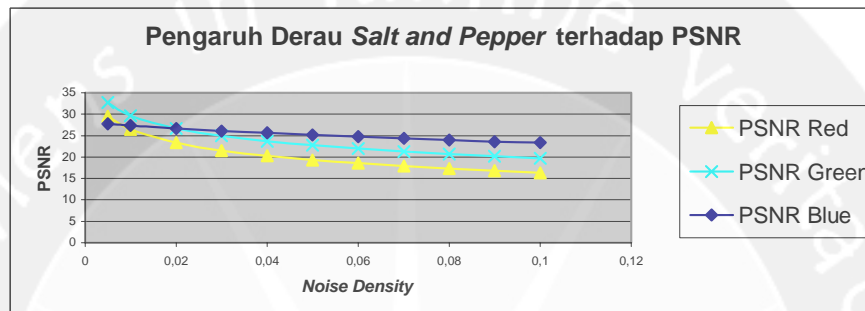
**Gambar 5.15** (a) Citra *stego* dengan parameter  $\alpha_2=1$ ,  $\alpha_3=0,6$  diberi derau *salt and pepper* dengan densitas 0,01, (b) hasil ekstraksi atas citra (a).

**Tabel 5.5** Hubungan antara *noise density* dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*.

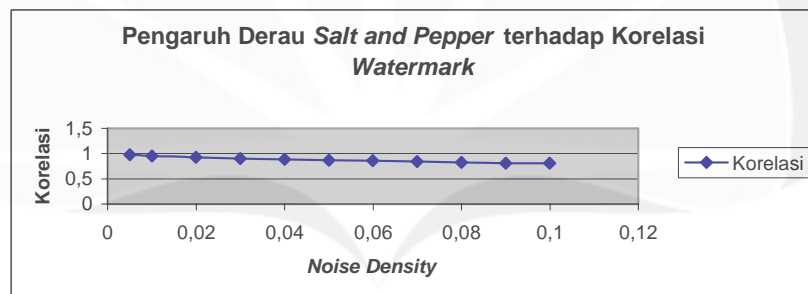
Noise Density	MSE Red	MSE Green	MSE Blue	PSNR Red	PSNR Green	PSNR Blue	Korelasi
0,005	73,2569	34,4740	109,0562	29,4823	32,7559	27,7543	0,9770
0,01	147,5296	70,5622	120,1385	26,4420	29,6451	27,3340	0,9561
0,02	298,9081	140,5560	139,8432	23,3754	26,6523	26,6744	0,9249
0,03	460,4507	207,9833	160,0457	21,4990	24,9505	26,0884	0,9052
0,04	611,5737	279,2620	178,4383	20,2663	23,6707	25,6159	0,8842
0,05	760,8250	347,3074	199,3542	19,3180	22,7237	25,1345	0,8709
0,06	908,4777	416,4022	217,9226	18,5477	21,9357	24,7478	0,8564
0,07	1055,2	486,4123	238,4014	17,8974	21,2608	24,3577	0,8419
0,08	1210,7	557,5838	261,5655	17,3003	20,6677	23,9550	0,8284
0,09	1359,8	627,1434	284,3348	16,7959	20,1571	23,5925	0,8110
0,1	1517,0	699,1923	302,5355	16,3211	19,6848	23,3230	0,8070



(a)



(b)



(c)

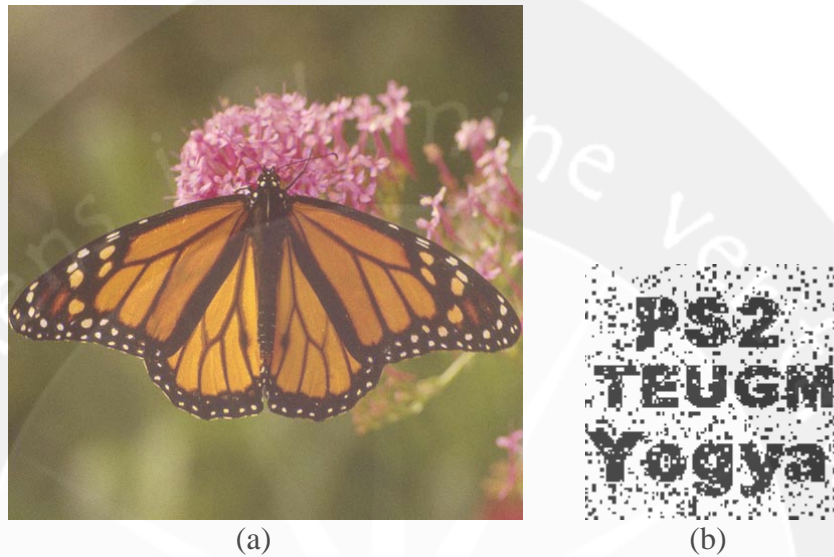
**Gambar 5.16** Grafik pengaruh derau *salt and pepper* terhadap (a) MSE, (b) PSNR, (c) korelasi *watermark*.

## b. Pengaruh derau Gaussian

Gambar 5.17 merupakan contoh citra *stego* yang diberi derau Gaussian dengan rerata nol dan varians 0,0005. Terlihat bahwa citra *watermark* yang diurai juga akan mengalami gangguan, walaupun secara visual pola *watermark* masih dapat dikenali. Tabel 5.6 dan Gambar 5.18 menunjukkan hubungan antara varians derau Gaussian dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*. Berdasarkan pengujian, terlihat bahwa semakin besar varians derau Gaussian maka akan semakin kecil korelasi *watermark* yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena sifat



derau Gaussian yang terjadi pada seluruh daerah citra, namun dengan intensitas yang berbeda yang kemungkinan akan menghilangkan informasi *watermark*.

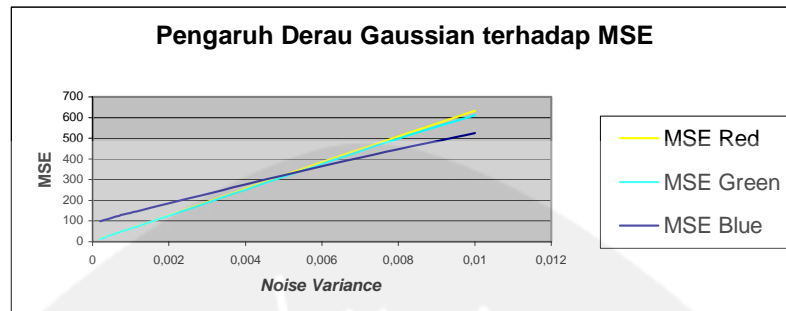


**Gambar 5.17** (a) Citra *stego* dengan parameter  $\alpha_2=1$ ,  $\alpha_3=0,6$  diberi derau Gaussian dengan varians derau 0,0005, (b) hasil ekstraksi atas citra (a).

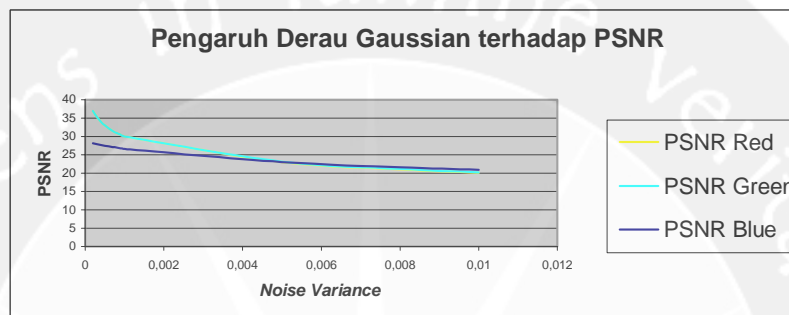
**Tabel 5.6** Hubungan antara varians derau dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*.

Varians Derau	MSE Red	MSE Green	MSE Blue	PSNR Red	PSNR Green	PSNR Blue	Korelasi
0,0002	13,1189	13,0204	99,3780	36,9518	36,9846	28,1579	0,9305
0,0003	19,5721	19,5302	104,6063	35,2144	35,2237	27,9352	0,8966
0,0004	25,9300	26,0546	109,9069	33,9928	33,9720	27,7206	0,8867
0,0005	32,6223	32,4143	115,7961	32,9957	33,0234	27,4939	0,8667
0,0006	39,0718	38,8889	120,8740	32,2122	32,2325	27,3075	0,8529
0,0007	45,3677	45,6332	126,3951	31,5633	31,5380	27,1135	0,8410
0,0008	51,9725	52,0214	130,7846	30,9731	30,9690	26,9652	0,8334
0,0009	58,4654	58,4568	135,8184	30,4618	30,4625	26,8012	0,8224
0,001	64,5669	64,7240	140,6795	30,0307	30,0201	26,6485	0,7944
0,005	321,3237	313,4973	321,8008	23,0614	23,1685	23,0549	0,6579
0,008	508,2750	497,6026	447,7456	21,0698	21,1620	21,6205	0,6311
0,01	631,8179	612,4789	525,7834	20,1249	20,2599	20,9227	0,6048

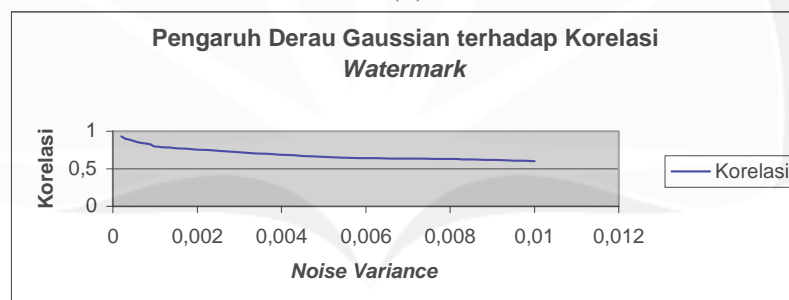




(a)



(b)



(c)

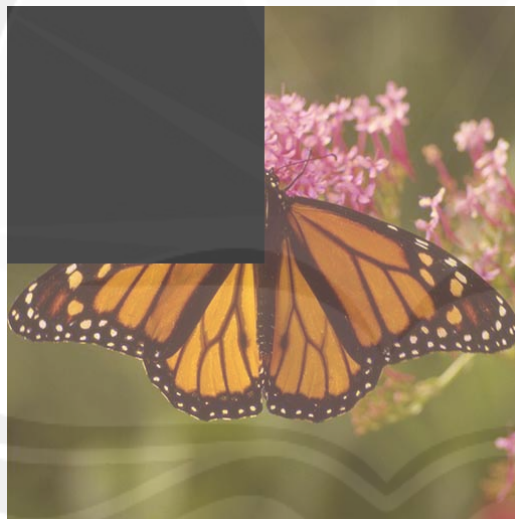
**Gambar 5.18** Grafik pengaruh derau Gaussian terhadap (a) MSE, (b) PSNR, (c) korelasi *watermark*.

### 5.10.2 Pengaruh Operasi Geometris terhadap Algoritma *Watermarking*

#### a. Pengaruh operasi pemotongan citra

Operasi pemotongan citra dapat disimulasikan dengan menghilangkan sebagian informasi pada citra dan mengganti nilai piksel yang dihilangkan dengan warna hitam. Gambar 5.19 merupakan contoh citra *stego* yang dipotong sebesar 25% terhadap citra asli. Terlihat bahwa citra *watermark* yang diurai juga akan mengalami gangguan, walaupun secara visual pola *watermark* masih dapat dikenali. Tabel 5.7 dan Gambar 5.20 menunjukkan hubungan antara besar pemotongan citra dengan MSE, PSNR dan korelasi

*watermark*. Berdasarkan pengujian, terlihat bahwa semakin besar pemotongan citra maka akan semakin kecil korelasi *watermark* yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena proses pemotongan akan menghilangkan informasi *watermark* yang ada. Pemotongan yang dilakukan pada daerah yang halus akan menghasilkan korelasi *watermark* yang lebih baik dibandingkan pemotongan yang dilakukan pada daerah yang tajam/detail citra. Hal ini disebabkan karena sifat *embedding* yang dilakukan pada frekuensi tinggi akan menyembunyikan informasi *watermark* pada detail citra. Jika pemotongan dilakukan pada detail citra, maka akan banyak menghilangkan informasi *watermark*, sehingga diperoleh korelasi *watermark* yang lebih rendah.



(a)

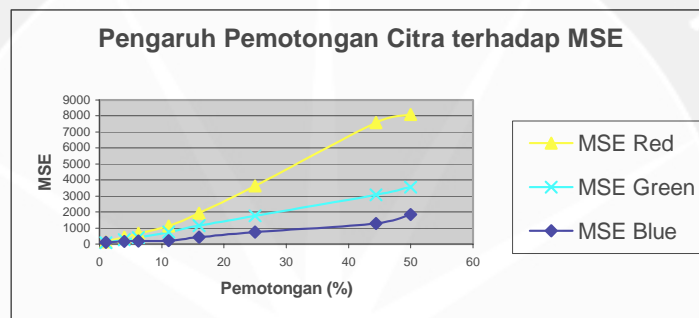


(b)

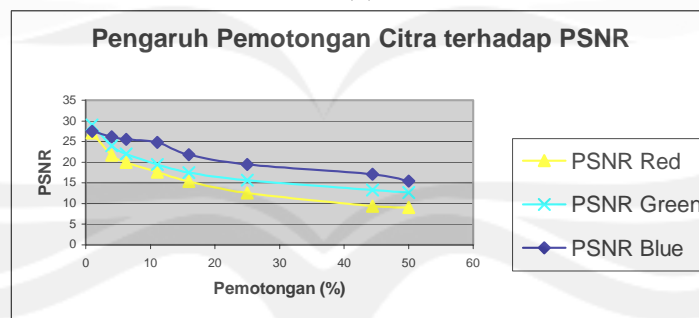
**Gambar 5.19** (a) Citra *stego* dengan parameter  $\alpha_2=1$ ,  $\alpha_3=0,6$  dipotong sebesar 25%, (b) hasil ekstraksi atas citra (a).

**Tabel 5.7** Hubungan antara pemotongan citra dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*.

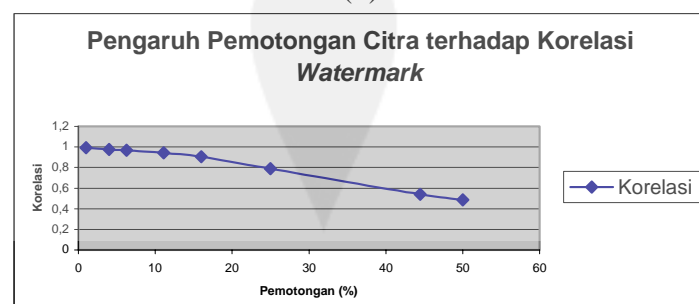
Pemotongan (%)	MSE <i>Red</i>	MSE <i>Green</i>	MSE <i>Blue</i>	PSNR <i>Red</i>	PSNR <i>Green</i>	PSNR <i>Blue</i>	Korelasi
1	126,6510	80,4400	116,4715	27,1047	29,0761	27,4686	0,9908
4	433,0542	260,7790	157,8085	21,7654	23,9681	26,1495	0,9763
6,25	660,9848	408,1473	182,1186	19,9289	22,0226	25,5273	0,9677
11,11	1123,4	741,8798	215,5182	17,6253	19,4275	24,7960	0,9440
16	1914,2	1144,2	429,8797	15,3108	17,5456	21,7973	0,9053
25	3628,5	1754,2	739,9901	12,5335	15,6900	19,4385	0,7897
44,44	7589,2	3067,3	1276,4	9,3289	13,2633	17,0709	0,5408
50	8091,3	3563,6	1842,5	9,0506	12,6119	15,4768	0,4850



(a)



(b)

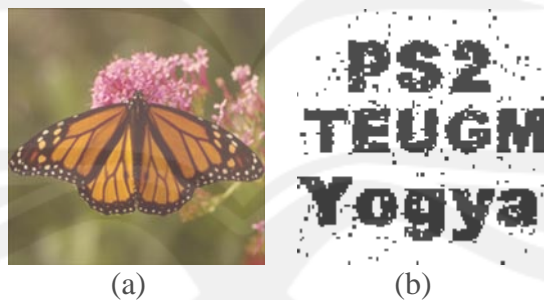


(c)

**Gambar 5.20** Grafik pengaruh pemotongan citra terhadap (a) MSE, (b) PSNR, (c) korelasi *watermark*.

### b. Pengaruh operasi penyekalaan citra

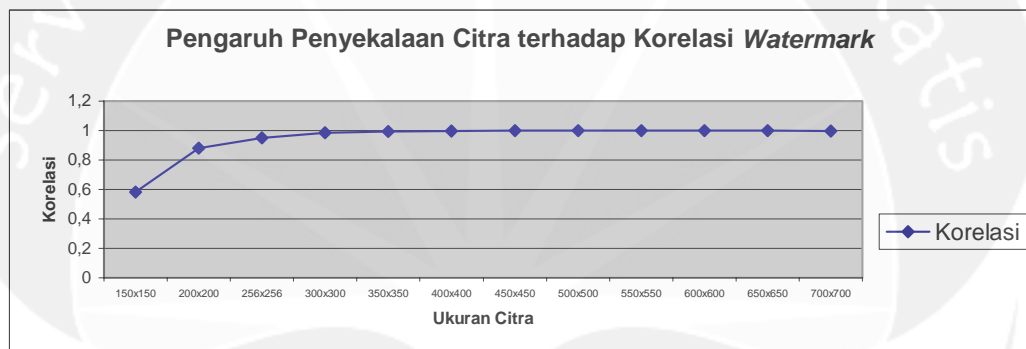
Operasi penyekalaan citra dilakukan untuk memperbesar atau memperkecil citra. Pada penelitian ini, citra *stego* diskalakan ke ukuran yang lebih kecil atau lebih besar. Pada saat proses ekstraksi *watermark*, citra yang telah diubah ukurannya harus diubah kembali menjadi berukuran 512x512. Gambar 5.21 merupakan contoh citra *stego* yang diperkecil menjadi berukuran 256x256. Terlihat bahwa citra *watermark* yang diurai juga akan mengalami gangguan, walaupun secara visual pola *watermark* masih dapat dikenali. Tabel 5.8 dan Gambar 5.22 menunjukkan hubungan antara ukuran citra penyekalaan dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*. Berdasarkan pengujian, terlihat bahwa semakin besar perbedaan ukuran penyekalaan terhadap citra asli maka akan semakin kecil korelasi *watermark* yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena proses penyekalaan akan menghilangkan informasi *watermark* yang ada. Pada proses pembesaran citra diperoleh nilai korelasi *watermark* yang mendekati satu.



**Gambar 5.21** (a) Citra *stego* dengan parameter  $\alpha_2=1$ ,  $\alpha_3=0,6$  dan ukuran 256x256  
(b) hasil ekstraksi atas citra (a).

**Tabel 5.8** Hubungan antara penyekalaan citra dengan korelasi *watermark*.

Ukuran	Korelasi
150 x 150	0,5819
200 x 200	0,8825
256 x 256	0,9499
300 x 300	0,9863
350 x 350	0,9939
400 x 400	0,9962
450 x 450	0,9990
500 x 500	1
550 x 550	1
600 x 600	0,9998
650 x 650	0,9990
700 x 700	0,9972



**Gambar 5.22** Grafik pengaruh penyekalaan citra terhadap korelasi *watermark*.

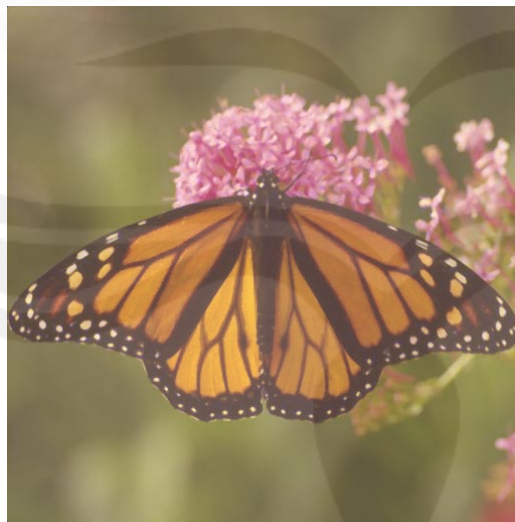
### 5.10.3 Pengaruh Operasi Pengolahan Citra terhadap Algoritma *Watermarking*

#### a. Pengaruh tapis median

Tapis median merupakan tapis nonlinear yang dapat digunakan untuk mengurangi derau yang berupa impuls. Tapis median juga dapat digunakan untuk mempertahankan tepi citra pada proses pengurangan derau acak. Pada tapis median, nilai intensitas citra hasil pengolahan merupakan nilai median dalam suatu jendela.

Gambar 5.23 merupakan contoh citra *stego* yang ditapis menggunakan tapis median dengan ukuran jendela 3x3. Terlihat bahwa citra *watermark* yang

diurai juga akan mengalami gangguan, walaupun secara visual pola *watermark* masih dapat dikenali. Tabel 5.9 dan Gambar 5.24 menunjukkan hubungan antara ukuran jendela tapis median dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*. Berdasarkan pengujian, terlihat bahwa semakin besar ukuran jendela maka akan semakin kecil korelasi *watermark* yang diperoleh. Penurunan korelasi *watermark* terjadi sangat tajam, sehingga pada ukuran jendela 9x9 hanya diperoleh nilai korelasi *watermark* 0,1874. Rendahnya nilai korelasi *watermark* disebabkan karena penyisipan *watermark* dilakukan pada frekuensi tinggi atau bagian detail citra, sedangkan sifat tapis median adalah menghaluskan citra atau menghilangkan titik-titik yang terisolasi yang kebanyakan berkontribusi komponen frekuensi tinggi citra. Dengan berkurangnya komponen frekuensi tinggi citra, maka informasi *watermark* yang disisipkan pada komponen frekuensi tinggi citra secara otomatis akan berkurang juga.



(a)

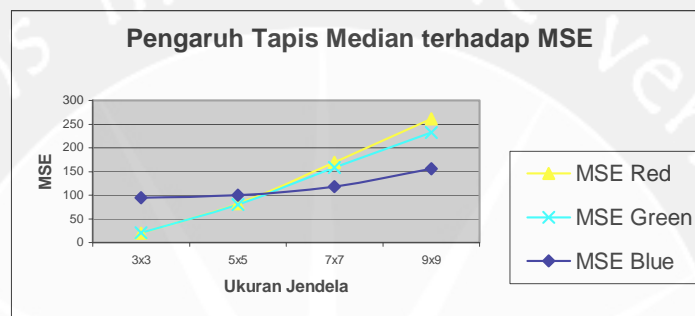


(b)

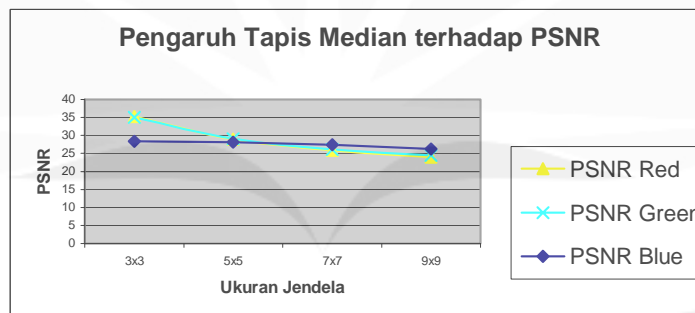
**Gambar 5.23** (a) Citra *stego* dengan parameter  $\alpha_2=1$ ,  $\alpha_3=0,6$  ditapis menggunakan tapis median dengan jendela 3x3, (b) hasil ekstraksi atas citra (a).

**Tabel 5.9** Hubungan antara ukuran jendela tapis median dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*.

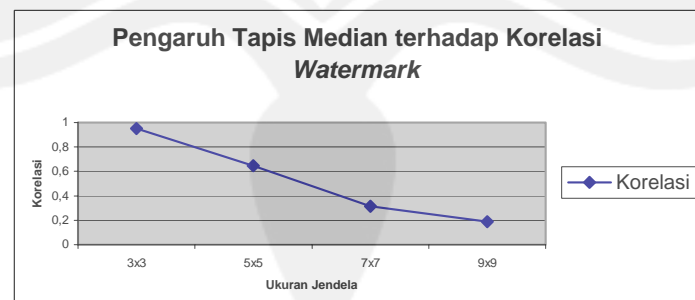
Jendela	MSE <i>Red</i>	MSE <i>Green</i>	MSE <i>Blue</i>	PSNR <i>Red</i>	PSNR <i>Green</i>	PSNR <i>Blue</i>	Korelasi
3x3	19,5708	20,3943	94,9355	35,2147	35,0357	28,3565	0,9505
5x5	81,6646	80,0859	99,9263	29,0105	29,0952	28,1340	0,6469
7x7	169,0256	158,3910	118,2081	25,8513	26,1335	27,4043	0,3149
9x9	261,0517	232,7241	155,8804	23,9635	24,4624	26,2029	0,1874



(a)



(b)



(c)

**Gambar 5.24** Grafik pengaruh tapis median terhadap (a) MSE, (b) PSNR, (c) korelasi *watermark*.

### b. Pengaruh tapis lolos-atas

Tapis lolos-atas akan melakukan komponen frekuensi tinggi dan menghambat komponen frekuensi rendah. Karena komponen frekuensi tinggi dalam isyarat berhubungan dengan tepi atau detail citra, tapis lolos-atas sering digunakan untuk menambah kontras lokal dan kemudian menajamkan citra. Matriks pada persamaan (5.1) – (5.3) merupakan matriks tapis lolos-atas yang sering digunakan pada pengolahan citra.

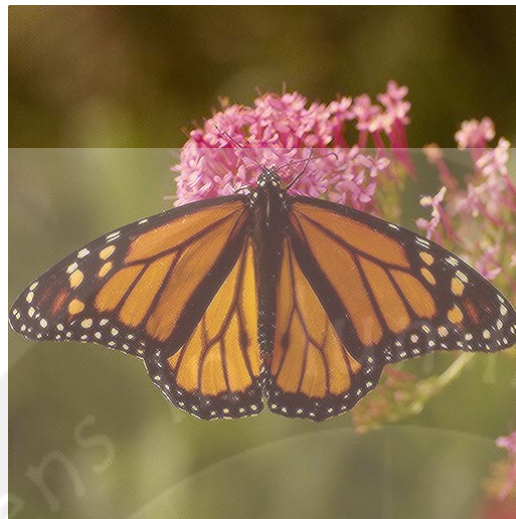
$$H_1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

$$H_2 = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

$$H_3 = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

Gambar 5.25 merupakan contoh citra *stego* yang ditapis menggunakan tapis lolos-atas dengan matriks  $H_3$ . Terlihat bahwa citra *watermark* yang diurai juga akan mengalami gangguan, walaupun secara visual pola *watermark* masih dapat dikenali. Tabel 5.10 menunjukkan hubungan antara jenis tapis lolos-atas dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*. Berdasarkan pengujian, terlihat bahwa nilai korelasi *watermark* yang diperoleh cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena tapis lolos-atas akan tetap melewatkan komponen frekuensi tinggi. Karena informasi *watermark* kebanyakan disisipkan pada komponen frekuensi tinggi, maka tidak terjadi banyak kehilangan informasi pada *watermark* dan sebagai hasilnya akan diperoleh nilai korelasi *watermark* yang cukup tinggi.





(a)

**PS2  
TEUGM  
Yogya**

(b)

**Gambar 5.25** (a) Citra *stego* dengan parameter  $\alpha_2=1$ ,  $\alpha_3=0,6$  ditapis menggunakan tapis lolos-atas matriks  $H_3$ , (b) hasil ekstraksi atas citra (a).

**Tabel 5.10** Hubungan antara matriks tapis lolos-atas dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*.

Matriks Tapis lolos- atas	MSE <i>Red</i>	MSE <i>Green</i>	MSE <i>Blue</i>	PSNR <i>Red</i>	PSNR <i>Green</i>	PSNR <i>Blue</i>	Korelasi
$H_1$	500,3492	445,8891	545,0394	21,1381	21,6385	20,7665	0,9307
$H_2$	3412,5	2965,5	2558,0	12,8001	13,4098	14,0517	0,8312
$H_3$	202,5269	190,0530	312,7448	25,0660	25,3421	23,1789	0,9816

### c. Pengaruh tapis *mean*

Tapis *mean* merupakan tapis yang memiliki karakteristik seperti tapis lolos-bawah. Tapis *mean* akan melalukan frekuensi rendah citra dan akan mengurangi frekuensi tinggi citra. Karena bagian detail citra menyumbangkan komponen frekuensi tinggi citra, maka citra yang dihasilkan tapis *mean* seringkali terlihat kabur.

Gambar 5.26 merupakan contoh citra *stego* yang ditapis menggunakan tapis *mean* dengan ukuran jendela 3x3. Terlihat bahwa citra *watermark* yang diurai juga akan mengalami gangguan, walaupun secara visual pola *watermark* masih dapat dikenali. Tabel 5.11 dan Gambar 5.27 menunjukkan hubungan antara ukuran jendela tapis *mean* dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*.

Berdasarkan pengujian, terlihat bahwa semakin besar ukuran jendela maka akan semakin kecil korelasi *watermark* yang diperoleh. Penurunan korelasi *watermark* terjadi sangat tajam, sehingga pada ukuran jendela 9x9 hanya diperoleh nilai korelasi *watermark* 0,1314. Rendahnya nilai korelasi *watermark* disebabkan karena penyisipan *watermark* dilakukan pada frekuensi tinggi atau bagian detail citra, sedangkan sifat tapis *mean* adalah mengurangi komponen frekuensi tinggi citra. Dengan berkurangnya komponen frekuensi tinggi citra, maka informasi *watermark* yang disisipkan pada komponen frekuensi tinggi citra secara otomatis akan berkurang juga. Penurunan yang terjadi juga terlihat lebih tajam jika dibandingkan dengan yang dihasilkan melalui penapisan dengan menggunakan tapis median. Hal ini disebabkan karena sifat tapis median yang masih tetap mempertahankan fungsi tangga, sehingga tapis median dapat memperhalus piksel-piksel yang mempunyai nilai berbeda dengan sekelilingnya tanpa mempengaruhi piksel lainnya.



(a)

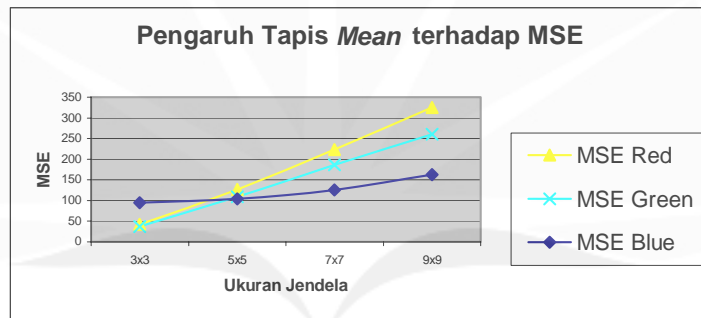


(b)

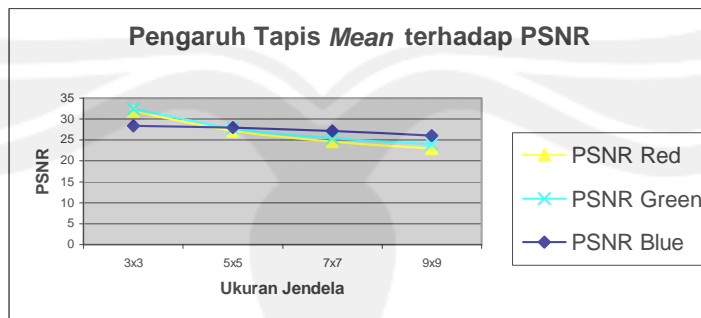
**Gambar 5.26** (a) Citra *stego* dengan parameter  $\alpha_2=1$ ,  $\alpha_3=0,6$  ditapis menggunakan tapis *mean* dengan jendela 3x3, (b) hasil ekstraksi atas citra (a).

**Tabel 5.11** Hubungan antara ukuran jendela tapis *mean* dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*.

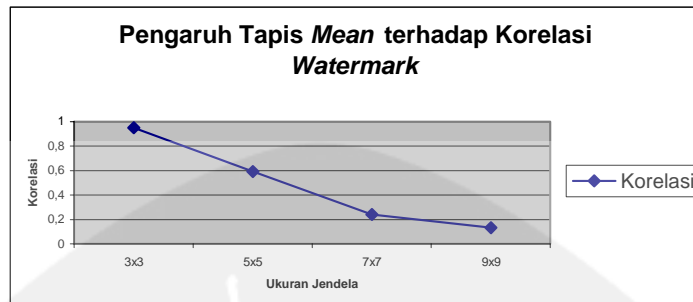
Jendela NxN	MSE <i>Red</i>	MSE <i>Green</i>	MSE <i>Blue</i>	PSNR <i>Red</i>	PSNR <i>Green</i>	PSNR <i>Blue</i>	Korelasi
3x3	42,1298	36,6117	94,6385	31,8849	32,4946	28,3701	0,9502
5x5	126,2684	109,2989	104,0316	27,1179	27,7446	27,9591	0,5922
7x7	223,8897	185,9293	125,8977	24,6305	25,4373	27,1306	0,2416
9x9	325,4934	260,1906	163,0787	23,0054	23,9779	26,0068	0,1314



(a)



(b)



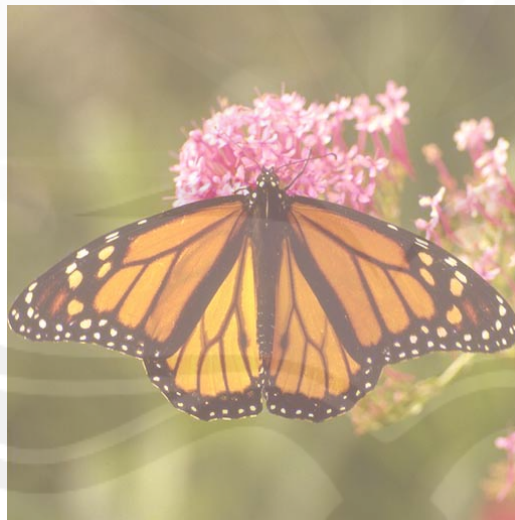
(c)

**Gambar 5.27** Grafik pengaruh tapis *mean* terhadap (a) MSE, (b) PSNR, (c) korelasi *watermark*.

#### d. Pengaruh perubahan *brightness*

Gambar 5.28 dan Gambar 5.29 merupakan contoh citra *stego* yang diubah nilai kecerahannya. Gambar 5.28 menunjukkan bahwa citra *stego* ditambah kecerahannya sehingga citra tampak lebih terang. Gambar 5.29 menunjukkan citra *stego* yang dikurangi kecerahannya sehingga citra tampak lebih gelap. Terlihat bahwa citra *watermark* yang diurai juga akan mengalami gangguan, walaupun secara visual pola *watermark* masih dapat dikenali. Tabel 5.12 dan Gambar 5.31 menunjukkan hubungan antara perubahan nilai *brightness* dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*. Perubahan *brightness* dengan tanda positif menunjukkan bahwa citra menjadi lebih terang, sebaliknya perubahan *brightness* dengan tanda negatif menunjukkan bahwa citra menjadi lebih gelap. Berdasarkan pengujian, terlihat bahwa semakin besar perubahan *brightness* maka akan semakin kecil korelasi *watermark* yang diperoleh. Berdasarkan gambar histogram kanal biru citra kupu.bmp, terlihat bahwa histogram citra lebih terkumpul di sisi kiri. Hal ini mengakibatkan citra *stego* akan lebih kokoh terhadap perubahan nilai *brightness* yang bernilai positif. Perubahan nilai *brightness* pada citra hanya mengubah nilai DC citra, namun tidak mengubah detail citra, sehingga informasi *watermark* yang disisipkan pada detail citra akan lebih terjaga. Kehilangan informasi *watermark* hanya terjadi pada saat nilai piksel citra hasil perubahan *brightness* melebihi 255 atau kurang dari 0. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.24 terlihat bahwa korelasi *watermark* menurun tajam untuk perubahan nilai *brightness*

yang bernilai negatif. Hal ini disebabkan pada saat pengurangan nilai *brightness* banyak nilai-nilai piksel yang bernilai negatif. Nilai-nilai piksel yang bernilai negatif akhirnya dibulatkan menjadi nol dan menyebabkan hilangnya informasi *watermark*. Jadi, kekokohan *watermark* terhadap perubahan *brightness* sangat tergantung dengan distribusi histogram citra. Citra yang mempunyai distribusi histogram yang terkumpul di sisi kanan akan lebih kokoh terhadap pengurangan *brightness*. Sebaliknya citra yang mempunyai distribusi histogram yang terkumpul di sisi kiri akan lebih kokoh terhadap penambahan *brightness*.

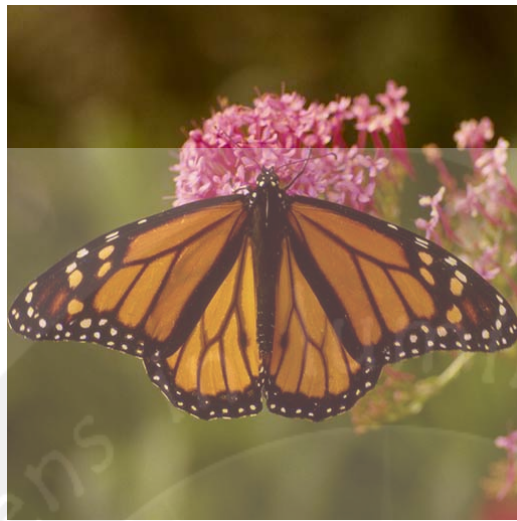


(a)



(b)

**Gambar 5.28** (a) Citra *stego* dengan parameter  $\alpha_2=1$ ,  $\alpha_3=0,6$  ditambahkan nilai *brightness* sebesar +50, (b) hasil ekstraksi atas citra (a).



(a)

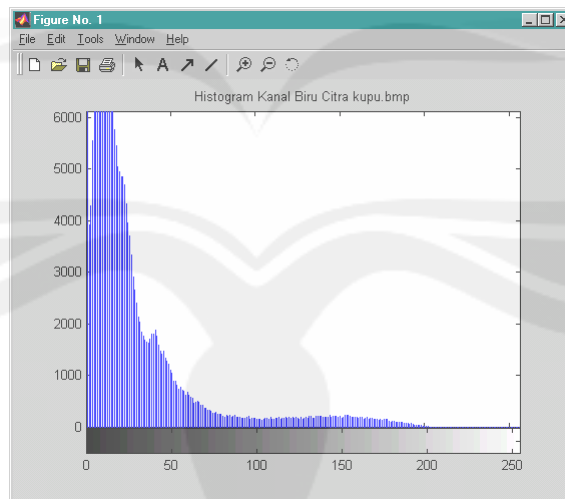


(b)

**Gambar 5.29** (a) Citra *stego* dengan parameter  $\alpha_2=1$ ,  $\alpha_3=0,6$  ditambahkan nilai *brightness* sebesar -10, (b) hasil ekstraksi atas citra (a).

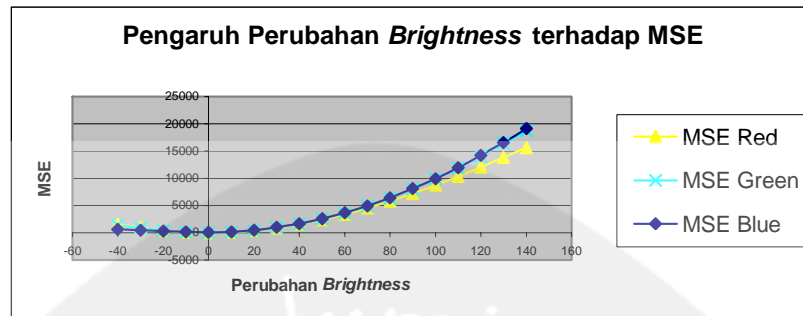
**Tabel 5.12** Hubungan antara perubahan *brightness* dengan MSE, PSNR dan korelasi *watermark*.

Perubahan <i>Brightness</i>	MSE <i>Red</i>	MSE <i>Green</i>	MSE <i>Blue</i>	PSNR <i>Red</i>	PSNR <i>Green</i>	PSNR <i>Blue</i>	Korelasi
-40	1599,8	1429,7	617,2219	16,0901	16,5783	20,2264	0,3213
-30	900	831,6433	460,1943	18,5884	18,9314	21,5014	0,3994
-20	400	388,4461	304,5008	22,1102	22,2375	23,2949	0,5193
-10	100	99,8898	160,5773	28,1308	28,1356	26,0740	0,7250
0	0	0	87,9088			28,6905	1
+10	99,5819	99,9951	184,2531	28,1490	28,1310	25,4767	0,9757
+20	394,3437	399,9481	480,5200	22,1721	22,1108	21,3137	0,9757
+30	876,5513	899,7243	976,6129	18,7030	18,5897	18,2336	0,9757
+40	1538,1	1598,9	1672,3	16,2610	16,0925	15,8977	0,9755
+50	2371,0	2496,9	2566,9	14,3815	14,1568	14,0367	0,9752
+60	3368,7	3592,3	3659,1	12,8562	12,5770	12,4970	0,9736
+70	4518,5	4882,9	4947,0	11,5809	11,2440	11,1874	0,9668
+80	5799,2	6365,7	6427,3	10,4971	10,0924	10,0505	0,9567
+90	7198,9	8036,1	8096,3	9,5581	9,0803	9,0479	0,9444
+100	8711,0	9888,5	9949,9	8,7301	8,1795	8,1526	0,9222
+110	10330	11912	11984	7,9898	7,3709	7,3449	0,8993
+120	12045	14085	14194	7,3229	6,6432	6,6098	0,8743
+130	13834	16384	16577	6,7213	5,9865	5,9357	0,8534
+140	15661	18782	19130	6,1827	5,3934	5,3136	0,8242

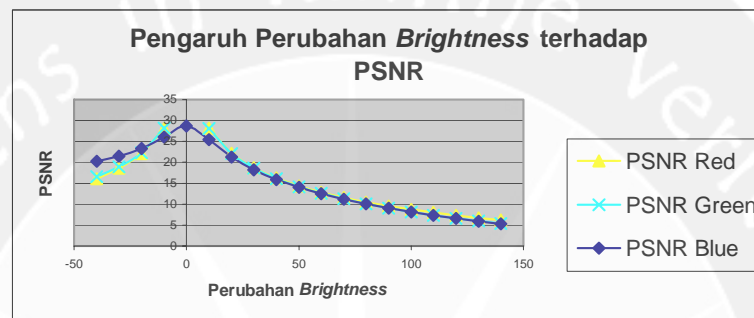


**Gambar 5.30** Histogram citra kupu.bmp pada kanal biru.

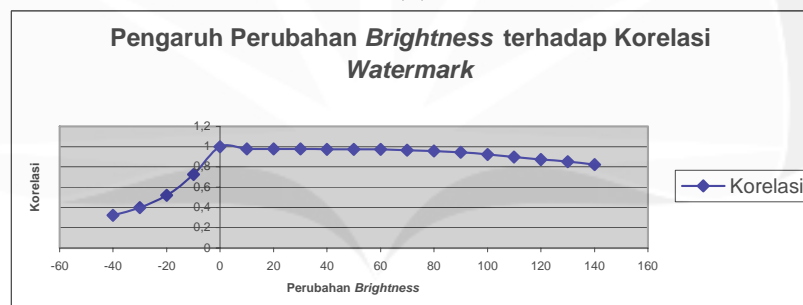




(a)



(b)



(c)

**Gambar 5.31** Grafik pengaruh perubahan *brightness* terhadap (a) MSE, (b) PSNR, (c) korelasi *watermark*.

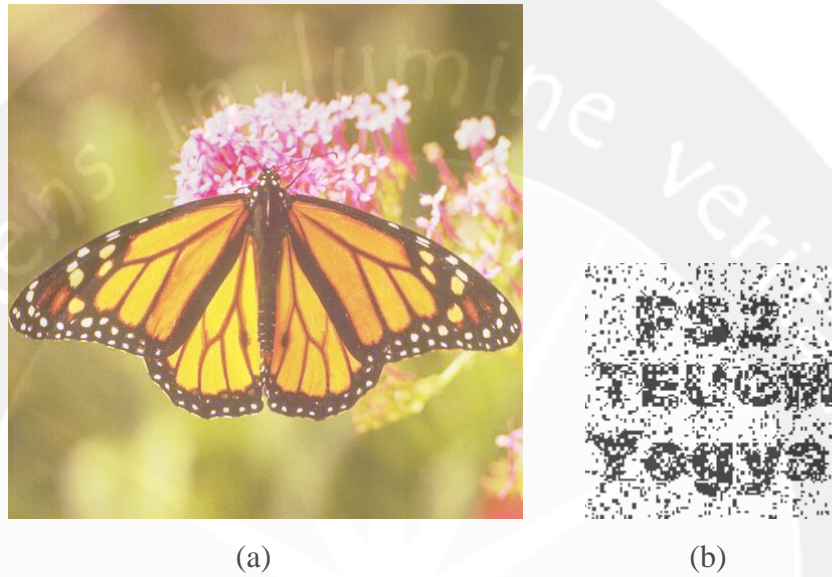
#### e. Pengaruh penyamaan histogram

Teknik pemodelan histogram (misalnya penyamaan histogram) menghasilkan metode yang cukup baik untuk memodifikasi kisaran dinamis dan kontras citra dengan mengubah histogramnya sehingga mempunyai bentuk seperti yang diinginkan

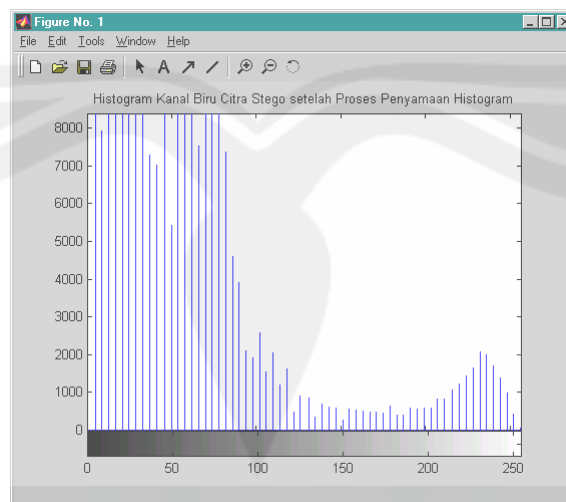
Gambar 5.32 merupakan contoh citra *stego* yang direntangkan kontrasnya dengan penyamaan histogram. Terlihat bahwa citra *watermark* yang diurai juga akan mengalami gangguan, walaupun secara visual pola *watermark*



masih dapat dikenali. Tabel 5.13 menunjukkan perubahan nilai MSE, PSNR dan korelasi *watermark*. Berdasarkan pengujian, terlihat bahwa korelasi *watermark* yang diperoleh juga menjadi lebih kecil.



**Gambar 5.32** (a) Citra *stego* dengan parameter  $\alpha_2=1$ ,  $\alpha_3=0,6$  direntangkan kontrasnya menggunakan *histogram equalization*, (b) hasil ekstraksi atas citra (a).



**Gambar 5.33** Histogram citra *stego* kanal biru dengan parameter  $\alpha_2=1$ ,  $\alpha_3=0,6$  yang direntangkan kontrasnya menggunakan penyamaan histogram.

**Tabel 5.13** Hubungan antara MSE, PSNR dan korelasi *watermark* pada citra *stego* yang direntangkan kontrasnya menggunakan penyamaan histogram.

MSE <i>Red</i>	MSE <i>Green</i>	MSE <i>Blue</i>	PSNR <i>Red</i>	PSNR <i>Green</i>	PSNR <i>Blue</i>	Korelasi
5381,5	4826,9	1564,7	10,8218	11,2941	16,1865	0,8662



## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

1. Perangkat lunak *watermarking* video digital menggunakan alihragam *Discrete Wavelet Transform* (DWT) berbasis *Human Visual System* (HVS) telah berhasil dibangun.
2. Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap algoritma *watermarking*, menunjukkan bahwa algoritma *watermarking* yang dikembangkan secara umum tahan terhadap pemberian derau, operasi geometris citra dan operasi operasi pengolahan citra. Algoritma *watermarking* yang dikembangkan kurang dapat bertahan terhadap serangan-serangan tapis lolos-bawah dan tapis median. Algoritma *watermarking* yang dikembangkan mempunyai unjuk kerja yang sangat baik terhadap serangan tapis lolos-atas.
3. Proses menyisipkan *watermark* dalam data video dan proses menguraikan data yang tersembunyi di dalam data video dapat dilakukan pada frame I video dengan metode aditif.
4. Penyisipkan *watermark* yang sesuai dengan kaidah *Human Visual System* (HVS) dilakukan dengan menyisipkan *watermark* pada kanal biru.

#### **6.2. Saran**

1. Algoritma *watermarking* dapat dikembangkan terhadap format video yang lain, misalnya MPEG.
2. Dapat dikembangkan algoritma *watermarking* dengan obyek-obyek khusus, misalnya video kartun, animasi, sound, dll.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anqiang Lv, Li Jing, 2007, *A Novel Scheme for Robust Video Watermark in the 3D-DWT Domain*, First International Symposium on Data, Privacy and E-Commerce, IEEE Computer Society, pp. 514-516.
- Bartollini, F., A. Tefas, M. Barni, and I. Pitas, 2001, *Image Authentication Techniques for Surveillance Application*, Proceedings of the IEEE, Vol. 89, No. 10, pp. 1403-1418.
- Chao, Chen, GAO Tie-gang, LI Li-zong, 2008, *A Compressed Video Watermarking Scheme with Temporal Synchronization*, IEEE Computer Society, pp. 605-612.
- Chen Guangxi, Yan Cheng, Yinghao Wang, 2008, *A Robust Adaptive Video Watermarking Algorithm Based on HVS*, The 9<sup>th</sup> International Conference for Young Computer Scientists, IEEE Computer Society, pp. 1424-1428.
- Chu, Chee-Jung and A.W. Wiltz, 1999, *Luminance Channel Modulated Watermarking of Digital Images*, In Proceedings of the SPIE Wavelet Applications Conference, pp. 437-445.
- Cox, I.J., J. Kilian, F.T. Leighton, and T. Shamoon, 1997, *Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia*, IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 6, No. 12, pp. 1673-1687.
- Du Yao-gang, 2007, *DCT-Based Video Watermarking Transcoding Technique*, International Conference on Computational Intelligence and Security Workshops, IEEE Computer Society, pp. 648-651.
- Dwiandiyanta, B. Yudi, 2008, *Perbandingan Watermarking Citra dengan Alihramgam Wavelet dan Discrete Cosine Transform*, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.
- Dwiandiyanta, B. Yudi, 2009, *Perbandingan Strategi Penyisipan Watermark pada Komponen Frekuensi Tinggi, Menengah dan Rendah Citra menggunakan Alihramgam Discrete Fourier Transform (DFT)*, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.
- Juanda, 2002, *Aplikasi Watermarking Untuk Data Video Digital*, Bandung.

- Kanai, S., H. Date, and T. Kishinami, 1998, *Digital Watermarking for 3D Polygon using Multiresolution Wavelet Decomposition*, Department of Systems Engineering, Hokkaido University, Sapporo, Japan.
- Ko, Chien-Chuan, and Bo-Zhi Yang, 2007, *An Integrated Technique for Video Watermarking*, 6<sup>th</sup> IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS 2007), IEEE Computer Society.
- Koch, E., J. Rindfrey, and J. Zhao, 1994, *Copyright Protection for Multimedia Data*, Proc. Int. Conf. Digital Media and Electronic Publishing.
- Koubaa, M., C. Ben amar, H. Nicolas, 2006, *Collusion-Resistant Video Watermarking Based on Video Mosaicing*, Proceedings of the Eighth IEEE International Symposium on Multimedia (ISM'06), IEEE Computer Society.
- Kutter, M., F. Jordan, and F. Bossen, 1997, *Digital Signature of Color Images Using Amplitude Modulation*, Proceedings of the 6<sup>th</sup> SPIE Conference on Storage and Retrieval for Image and Video Databases, Vol. 2952, pp. 518-526.
- Langelaar, G.C., 2000, *Real Time Watermarking Techniques for Compressed Video Data*, Master Thesis, Delft University of Technology, Universal Press, Veenendaal.
- Li, Xuefang, Rangding Wang, 2007, *A Video Watermarking Scheme based on 3D-DWT and Neural Network*, Ninth IEEE International Symposium on Multimedia 2007 – Workshops, IEEE Computer Society, pp. 110-115.
- Liu Hong-mei, Ji-wu Huang, Zi-mei Xiao, 2001, *An Adaptive Videowatermarking Algorithm*, IEEE International Conference on Multimedia and Expo, pp. 257-260.
- Liu Shaohui, Tianhang Chen, Hongxun Yao, Wen Gao, 2008, *A Real-time Video Watermarking Using Adjacent Luminance Blocks Correlation Based on Compressed Domain*, International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, IEEE Computer Society, pp. 833-836.
- Meerwald, P., 2001, *Digital Image Watermarking in the Wavelet Transform Domain*, Master Thesis, Computer Science, University of Salzburg, Austria.
- Mobasser, BGA, 2000, *Spatial Digital Video Watermark that survives MPEG*, Information Technology: Coding and Computing, Proceedings, International Conference, pp. 68-73.

- Paquet, A.H. and R.K. Ward, 2002, *Wavelet Based Digital Watermarking for Image Authentication*, University of British Columbia, Department of Electrical and Computer Engineering, Canada.
- Pereira, S., S. Voloshynovskiy, and T. Pun, 1999, *Optimized Wavelet Domain Watermark Embedding Strategy Using Linear Programming*, University of Geneva – CUI, Geneva, Switzerland.
- Queluz, M.P. and P. Lamy, 2000, *Spatial Watermark for Image Verification*, SPIE Conference on security and Watermarking of Multimedia Contents II, Vol. 3971, pp. 120-130.
- Ramkumar, M., A.N. Akansu, and A.A. Alatan, 1999, *A Robust Data Hiding Scheme for Images Using DFT*, in Proceedings of the 6<sup>th</sup> IEEE International Conference on Image Processing ICIP 99, pp. 211-215.
- Salomon, D., 2000, *Data Compression*, Springer-Verlag New York, USA.
- Swanson, M.D. and A.H. Tewfik, 1996, *A Binary Wavelet Decomposition of Binary Images*, IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 5, No. 12, pp. 1637-1650.
- Tang Xianghong, Liping Chen, 2009, *A Color Video Watermarking Algorithm based on DTCWT and Motion Estimation*, Conference on Communications and Mobile Computing, IEEE Computer Society, pp. 413-417.
- Tirkel, A.Z., C.F. Osborne, and R.G. Schyndel, 1996, *Image Watermarking a Spread Spectrum Technique*, IEEE 4<sup>th</sup> International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Applications, Vol. II, pp. 785-789.
- Wakatani, Akiyoshi, 2002, *Digital Watermarking for ROI Medical Images by using Compressed Signature Image*, Proceedings of the 35<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences.
- Wang, Houngh-Jyh Mike, Su, Po-Chyi and C. Jay Kuo, 1998, *Wavelet-based Digital Image Watermarking*, Department of Electrical Engineering-Systems University of Southern California, Los Angeles.
- Wen Xu Da, 2007, *A Blind Video Watermarking Algorithm Based on 3D Wavelet Transform*, International Conference on Computational Intelligence and Security, IEEE Computer Society, pp. 945-949.
- Yeung, M.M. and F. Mintzer, 1997, *An Invisible Watermarking Techniques for Image Verification*, IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 1997), Vol. II, pp. 680-683.

Zhi LI, CHEN Xiao-Wei, 2008, *Self-Adaptive Video Watermarking Based on the Motion Characteristic Detection and the Model of Entropy*, International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, IEEE Computer Society, pp. 845-848.

